



## **TUGAS AKHIR – RE 141581**

### **PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN ALTERNATIF *ANAEROBIC BAFFLE REACTOR* DAN *ANAEROBIC BIOFILTER***

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3313100115

Dosen Pembimbing:  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH NON  
MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF *ANAEROBIC BAFFLE REACTOR*  
DAN ANAEROBIK BIOFILTER**

**ADELYNA RACHMA ATMADJA**  
3313100115

Dosen Pembimbing:  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - RE 141581**

**ALTERNATIVE DESIGN OF WASTEWATER  
TREATMENT PLANT FOR NON MEDICAL  
WASTEWATER CLASS B HOSPITAL WITH  
ANAEROBIC BAFFLE REACTOR AND ANAEROBIC  
BIOFILTER**

**ADELYNA RACHMA ATMADJA**  
**3313100115**

**SUPERVISOR**  
**Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Institute of Technology Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR DAN ANAEROBIK BIOFILTER

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopmeber

Oleh

**ADELYNA RACHMA ATMADJA**  
NRP. 3313 100 115

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**  
NIP. 19550128 1985032 2 001





**PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH NON MEDIS  
RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN ALTERNATIF  
ANAEROBIC BAFFLE REACTOR DAN ANAEROBIK  
BIOFILTER**

Nama Mahasiswa : Adelyna Rachma Atmadja  
NRP : 3313100115  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

**ABSTRAK**

Rumah sakit kelas B menghasilkan air limbah non medis yang berasal dari kamar tiap pasien, kegiatan dapur, pelayanan gizi dan kegiatan *laundry*. Sedangkan untuk limbah medis berasal dari ruang operasi, radiologi dan laboratorium. Permasalahan pada rumah sakit tersebut adalah *effluen* yang dihasilkan banyak yang tidak memenuhi baku mutu (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang kegiatan Rumah Sakit). Sehingga, diperlukan perencanaan pengolahan air limbah (IPAL) pada masing-masing jenis air limbah.

Perencanaan ini mengambil studi kasus pada salah satu kegiatan rumah sakit kelas B di Kota Surabaya yang difokuskan pada perencanaan pengolahan air limbah non-medis yang menggunakan dua alternatif teknologi dengan menggunakan anaerobic baffle reactor dan *anerobic* biofilter. Perencanaan ini diharapkan hasil berupa desain IPAL dan rencana anggaran biaya tiap unit serta perbandingan kedua alternatif.

Berdasarkan hasil analisa, diperoleh desain alternatif IPAL dengan menggunakan AF lebih unggul dalam aspek kemampuan limbah. Sedangkan untuk ABR lebih unggul dalam aspek kebutuhan lahan dan biaya konstruksi.

**Kata kunci : abr, af, anaeob, IPAL, rumah sakit**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



# **ALTERNATIVE DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR NON MEDICAL WASTEWATER CLASS B HOSPITAL WITH ANAEROBIC BAFFLE REACTOR AND ANAEROBIC BIOFILTER**

Nama Mahasiswa : Adelyna Rachma Atmadja  
NRP : 3313100115  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

## **ABSTRACT**

Class B hospital produces non-medical wastewater from each rooms, kitchen activities, nutrition services and laundry activities. While for medical waste came from operation room, radiology and laboratory. The problem is the effluent that is produced by hospital does not occupy the quality standard (Governor of Java Regulation No. 72 of 2013 on Hospital activities). Therefore, waste water treatment planning (WWTP) is required.

This plan takes a case on one of the Class B hospital activities in Surabaya which is focused on non-medical waste water treatment planning by using two technological alternatives using anaerobic baffle reactor and anerobic biofilter. This planning is expected to get result in the design of WWTP and the budget plan of each alternative unit cost.

Based on analyse in wastewater treatment, the aspect like the best removal efeciency in AF is better than ABR. For land requirements and the need of budget, are obtained that ABR is better.

**Kata kunci : abr, af, anaeob, hospital, WWTP**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapae menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Pengolahan Air Limbah Non Medis dengan Alternatif *Anaerobic Baffle Reactor* dan *Anaerobic Biofilter* dengan baik. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar dalam membimbing dan selalu memberikan motivasi serta saran dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
2. Dr. Ir. Mohammad Razif, M. M, Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT, dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dalam menyusun tugas ahir ini.
3. Harmin Sulistyangningsih Titah, ST, MT, PhD selaku coordinator tugas akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
4. Sahabat-sahabat yang selalu mendukung: Mira, Valen, Raras, Destya, Fara dan Waninda.
5. Teman-teman lab MKL dan angkatan 2013 TL ITS

Penulis mengucapkan terimakasih secara khusus kepada orangtua serta keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan dan segala hal yang tidak dapat penulis sampaikan dengan kata-kata.

Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki di kemudian hari. Penyusun berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Ruang Lingkup .....	3
1.5. Manfaat .....	3
BAB 2 .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Gambaran Umum Perencanaan .....	5
2.2. Pengertian Rumah Sakit .....	6
2.2.1. Klarifikasi Rumah Sakit .....	6
2.3. Pengertian Air Limbah .....	8
2.3.1. Air Limbah Rumah Sakit .....	8
2.4. Baku Mutu Air Limbah .....	11
2.5. Pengolahan Air Limbah menurut Karakteristiknya .....	11
2.4.1. Proses Pengolahan Fisika .....	12
2.4.2. Proses Pengolahan Kimia .....	12
2.4.3. Proses Pengolahan Biologis .....	12
2.6. Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit Kelas B .....	14
2.7. Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit .....	15
2.7.1. <i>Anaerobic Baffle Reactor</i> .....	17
2.7.2. <i>Anaerobic Biofilter</i> .....	23
2.7.3. Bak Ekualisasi .....	27
2.7.4. Karbon Filter .....	28
2.7.5. Desinfeksi .....	31
2.8. Penelitian Terdahulu .....	32
BAB 3 .....	34
METODE PERENCANAAN .....	35
3.1. Kerangka Perencanaan .....	35

3.2. Rangkaian Kegiatan Perencanaan.....	38
3.2.1. Ide Perencanaan .....	38
3.2.2. Studi Literatur .....	38
3.2.3. Pengumpulan Data.....	38
3.2.4. Pengolahan Data.....	39
3.2.5. Kesimpulan.....	46
BAB 4.....	47
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	47
4.1. Analisis Pengolahan Data .....	47
4.1.1. Katakteristik Air Limbah.....	47
4.2. Alternatif Unit IPAL .....	48
4.3. Perhitungan Detail Engineering Design (DED) .....	49
4.4.1. DED Bak Ekualisasi .....	49
4.4.2. DED Anaerobic baffle reactor.....	55
4.4.3. DED Biofilter Anaerob .....	69
4.4.4. DED Bak Penampung .....	81
4.4.5. DED Filtrasi .....	84
4.4.6. DED Desinfeksi .....	86
4.4. Perhitungan Keseimbangan Massa .....	86
4.5. Profil Hidrolis .....	98
4.6. Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) dan Rencana Anggaran Blaya (RAB).....	102
4.6.1 Bill of Quantity (BOQ).....	102
4.6.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	106
4.7. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL .....	111
BAB 5.....	115
KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
5.1. Kesimpulan.....	115
5.2. Saran .....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	117
LAMPIRAN.....	121
LAMPIRAN A : Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 .....	121
LAMPIRAN B : HSPK Kota Surabaya Tahun 2016 .....	125
LAMPIRAN C : POMPA.....	137
LAMPIRAN D : Tabung Klo.....	157
BIOGRAFI.....	163

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob .....	16
Gambar 2. 2 Anarobic Baffle Reactor .....	18
Gambar 2. 3 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Td .....	19
Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan BOD yang tersisihkan .....	19
Gambar 2. 5 Grafik Hubungan Reduksi Volume Berdasarkan Waktu Simpan .....	20
Gambar 2. 6 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap <i>Organic Overloading</i> .....	20
Gambar 2. 7 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Konsentrasi BOD .....	21
Gambar 2. 8 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Temperature .....	21
Gambar 2. 9 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Jumlah Kompartemen .....	22
Gambar 2. 10 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap HRT .....	22
Gambar 2. 11 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap HRT .....	23
Gambar 2. 12 Anaerobic Biofilter .....	24
Gambar 2. 13 Grafik Faktor Strength .....	25
Gambar 2. 14 Grafik Faktor Permukaan .....	25
Gambar 2. 15 Grafik Faktor Waktu Tinggal .....	26
Gambar 2. 16 Grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD pada Biofilter .....	26
Gambar 2. 17 Grafik Faktor Penyisihan COD berdasarkan Temperatur .....	27
Gambar 2. 18 Grafik Faktor Penyisihan COD berdasarkan Beban Organik .....	27
Gambar 2. 19 Filter Karbon Aktif .....	28
Gambar 2. 20 Desinfeksi dengan Injeksi .....	32
Gambar 3. 1 Kerangka Perencanaan .....	37
Gambar 3. 2 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekuialisasi .....	41
Gambar 4. 1 Skema Alternatif 1 .....	48
Gambar 4. 2 Skema Alternatif 2 .....	48
Gambar 4. 3 Grafik Penentuan Volume Bak Ekuaiisasi .....	51
Gambar 4. 4 Grafik Faktor HRT .....	56
Gambar 4. 5 Grafik Rasio BODrem/CODrem .....	56

Gambar 4. 6 Grafik % TSS Removal.....	57
Gambar 4. 7 Faktor Penyisihan BOD terhadap Organic Loading pada ABR.....	61
Gambar 4. 8 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Konsentrasi BOD pada ABR.....	61
Gambar 4. 9 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Temperatur .....	62
Gambar 4. 10 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Jumlah Kompartemen .....	62
Gambar 4. 11 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap HRT .....	63
Gambar 4. 12 Grafik Penyisihan COD berdasarkan Penyisihan BOD .....	63
Gambar 4. 13 Grafik Faktor Temperatur.....	73
Gambar 4. 14 Grafik Faktor COD Strength.....	73
Gambar 4. 15 Grafik faktor luas permukaan filter spesifik .....	74
Gambar 4. 16 Grafik faktor waktu tinggal (HRT).....	74
Gambar 4. 17 Grafik Faktor Organik Load.....	75
Gambar 4. 18 Rasio efisiensi BODrem/CODrem .....	76
Gambar 4. 19 Bagan mass balance ABR .....	91
Gambar 4. 20 Bagan mass balance AF .....	95
Gambar 4. 21 Bagan mass balance carbon filter.....	98



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Rumah Sakit .....	11
Tabel 2. 2 Karakteristik <i>Effluen</i> Air Limbah RSUD Sidoarjo .....	14
Tabel 2. 3 Karakteristik <i>Effluen</i> Air Limbah RSUD Kab. Sidoarjo .....	15
Tabel 2. 4 Kriteria Desain ABR.....	18
Tabel 2. 5 Kriteria Desain untuk Biofilter Anaerobik .....	24
Tabel 3. 1 Contoh Perhitungan BOD Mass Loading pada Bak Ekualisasi.....	43
Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah.....	47
Tabel 4. 2 Data Fluktuasi Debit Rumah Sakit.....	49
Tabel 4. 3 Profil Hdirolis Alternatif 1 .....	98
Tabel 4. 4 Profil Hidrolis Alternatif 2 .....	100
Tabel 4. 5 Nilai Satuan Perhitungan RAB per Jenis Pekerjaan	107
Tabel 4. 6 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 1.....	110
Tabel 4. 7 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 2.....	110
Tabel 4. 8 Perbandingan Kebutuhan Lahan masing-masing Alternatif.....	111
Tabel 4. 9 Perbandingan Efisiensi Pengolahan IPAL.....	112
Tabel 4. 10 Perbandingan RAB konstruksi masing-masing alternatif .....	112

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1 : Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013

LAMPIRAN 2 : HSPK Kota Surabaya Tahun 2016

LAMPIRAN 3 : Pompa

LAMPIRAN 4 : Tabung Klor

LAMPIRAN 5 : Gambar Detail Engineering Design

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan rawat inap jalan dan gawat darurat (Depkes RI, 2009). Menurut Djaja (2006), rumah sakit merupakan salah satu sarana pelayanan kesehatan dengan bidang preventif, kuratif, rehabilitatif maupun promotif sebagai upaya untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan masyarakat.

Berdasarkan laporan kinerja pemerintah Kota Surabaya tahun 2014, kenyataannya hanya 60% yang sudah mengelola rumah air limbah yang dihasilkan namun hanya beberapa yang belum memenuhi baku mutu. Contohnya adalah rumah sakit “X” di Surabaya. Rumah Sakit “X” adalah salah satu rumah sakit umum pemerintahan pelayanan menengah (kelas B) yang terletak di Surabaya. Rumah sakit kelas B menyediakan fasilitas peralatan yang lengkap serta tenaga medis yang profesional. Dalam memberikan pelayanan kesehatan, rumah sakit ini juga menghasilkan limbah, salah satunya adalah air limbah. Menurut Gautam *et al* (2007), air limbah rumah sakit berasal dari penggunaan air bersih dalam jumlah cukup besar antara 400-1.200 L/hari/kamar. Berdasarkan kandungan polutan yang dihasilkan, air limbah rumah sakit dapat digolongkan dalam air limbah medis dan air limbah non-medis (Arifin, 2008). Air limbah non medis berasal dari kamar tiap pasien, kegiatan dapur, medis, pelayanan gizi, kegiatan *laundry* sedangkan untuk limbah medis berasal dari ruang operasi, radiologi dan laboratorium. Kedua jenis limbah tersebut mengandung bahan berbahaya sehingga membutuhkan sistem pengolahan air limbah.

Dalam mengolah air limbah yang dihasilkan, rumah sakit kelas B sering kali mengumpulkan dan mengolah air limbah medis dan non medis secara bersamaan. Secara teknis, pengolahan air limbah non-medis dengan air limbah medis tidak dapat dicampur karena limbah medis bersifat toksik. Sehingga *effluent* yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu karena pencampuran air limbah medis dan non-medis tersebut. Baku

mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Kegiatan Rumah Sakit.

Dengan bertambahnya jumlah pasien tiap tahun, limbah yang dihasilkan pun akan semakin meningkat. Maka dari itu, perlu dilakukan penyesuaian terhadap pengolahan air limbah non-medis terkait permasalahan agar tingkat efisiensi dan efektivitas kinerja unit pengolahan air limbah yang dibangun.

Dampak yang terjadi pada desain pengolahan air limbah yang tidak sesuai dengan parameter pencemar akan berpotensi mencemari badan air (Suarez et al., 2009). Sehingga, diperlukan adanya perbedaan pengolahan air limbah non-medis dan medis.

Berdasarkan kendala dalam pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah tersebut, maka dibutuhkan perencanaan pengolahan air limbah yang membedakan pengolahan air limbah medis dengan non-medis. Pengolahan yang akan direncanakan adalah membuat 2 alternatif. Yang pertama menggunakan *anaerobic baffle reactor* Sedangkan alternatif kedua menggunakan pengolahan sistem anaerobic biofilter yang kemudian akan dibandingkan dan dipilih alternatif terbaik dilihat berdasarkan aspek teknis dan finansial.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan pengolahan air limbah non-medis rumah sakit kelas B dengan alternatif *anaerobic baffle reactor* dengan anaerobik biofilter. Perencanaan ini dilakukan untuk memisahkan pengolahan air limbah medis dan non-medis serta mendapatkan alternatif pengolahan yang sesuai agar *effluent* yang dihasilkan memenuhi baku mutu.

## **1.2. Rumusan Masalah**

*Effluent* yang dihasilkan rumah sakit kelas B masih belum memenuhi baku mutu dikarenakan pengolahan air limbah non-medis dengan medis menjadi satu. Sehingga, direncanakan pemisahan pengolahan limbah non-medis dengan medis dengan alternatif *anaerobic baffle reactor*- dan *anaerobic-aerobic*. Pada perencanaan ini dilakukan pengolahan air limbah non-medis pada rumah sakit kelas B. Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana memperoleh hasil pengolahan IPAL non medis yang sesuai untuk rumah sakit kelas B?

2. Berapa Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk membuat masing-masing IPAL?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dari perencanaan ini adalah :

1. Mendesain IPAL untuk air limbah non-medis rumah sakit kelas B.
2. Memperoleh Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk membuat masing-masing IPAL.

### **1.4. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari perencanaan ini adalah :

1. Karakteristik air limbah didapatkan dari salah satu kegiatan rumah sakit kelas B di Surabaya
2. Parameter yang digunakan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.
3. Baku mutu yang effluen IPAL yang direncanakan mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomer 72 Tahun 2013.
4. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2015.
5. Perencanaan dilakukan dari awal bulan Februari hingga April.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari perencanaan ini adalah;

1. Memberikan hasil perencanaan pengolahan terhadap pihak pengelola untuk air limbah non-medis rumah sakit kelas B di Kota Surabaya.
2. Memberikan informasi kepada Badan Lingkungan Hidup terkait desain IPAL untuk kegiatan air limbah non-medis rumah sakit kelas B

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Gambaran Umum Perencanaan**

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan terhadap pengolahan air limbah non-medis rumah sakit kelas B. Berdasarkan Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia No. 56 Tahun 2014, spesifikasi rumah sakit kelas B paling sedikit adalah sebagai berikut :

- A Pelayanan medic
- B Pelayanan kefarmasian
- C Pelayanan keperawatan dan kebidanan
- D Pelayanan penunjang klinik
- E Pelayanan penunjang nonklinik
- F Pelayanan rawat inap

Dimana penjelasan dari spesifikasi tersebut adalah :

- a. Pelayanan Medik
  - 1. Pelayanan gawat darurat
  - 2. Pelayanan medic spesailis dasar
  - 3. Pelayanan medic spesialis penunjang
  - 4. Pelayanan medis spesialis lain
  - 5. Pelayanan medis subspesialis
  - 6. Pelayanan medic spesialis gigi dan mulut
- b. Pelayanan gawat darurat, harus diselenggarakan 24 jam sehari secara terus menerus.
- c. Pelayanan medic spesialis dasar, meliputi penyakit dalam, kesehatan anak, bedah dan obstetric dan ginekologi.
- d. Pelayanan medic spesialis penunjang, meliputi pelayanan anestesiologi, radiologi, patologi, klinik, patologi anatomi, dan rehabilitasi medic.
- e. Pelayanan medic spesialis lain, paling sedikit berjumlah pelayanan adri 13 pelayanan yang meliputi pelayanan mata, telinga, hidung, tenggorokan, syaraf, jantung dan pembuluh darah, kulit dan kelamin, kedokteran jiwa, paru, orthopedic, urologi, bedah sayaraf, bedah plastic, dan kedokteran forensik
- f. Pelayanan medis subspesailis, paling sedikit berjumlah 2 pelayanan subspesialis dari 4 subspesialis dasar.

- g. Pelayanan medic spesailis gigi dan mulut, paling sedikit berjumlah 3 pelayanan.

Dalam mengolah air limbah rumah sakit kelas B, sering kali tidak dilakukan pemisahan dalam pengolahannya. Sehingga *effluent* dari STP tidak memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

Berdasarkan kendala dalam pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah tersebut, maka dibutuhkan perencanaan pengolahan air limbah yang membedakan pengolahan air limbah medis dengan non-medis. Pengolahan yang akan direncanakan adalah membuat 2 alternatif. Yang pertama menggunakan alternatif *Aerobic biofilter*. Sedangkan alternatif kedua menggunakan pengolahan sistem kombinasi anaerobik-aerobik yang kemudian akan dibandingkan dan dipilih alternatif terbaik dilihat berdasarkan aspek teknis dan finansial.

## **2.2. Pengertian Rumah Sakit**

Rumah sakit merupakan institusi yang bersifat sosio-ekonomis yang mempunyai fungsi dan tugas menyelenggarakan pelayanan kesehatan kepada masyarakat secara paripurna. Rumah sakit juga merupakan pusat pelatihan bagi tenaga kesehatan dan pusat penelitian biososial (Adisasmito. 2009).

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit, rumah sakit adalah sarana pelayanan kesehatan tempat berkumpulnya orang sakit maupun orang sehat atau dapat menjadi tempat penularan penyakit serta memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan.

### **2.2.1. Klarifikasi Rumah Sakit**

Berdasarkan kepemilikan dan penyelenggaraan, rumah sakit dapat dibedakan menjadi:

1. Rumah sakit Pemerintah  
Rumah sakit pemerintah dimiliki dan diselenggarakan oleh Departemen Kesehatan, Pemerintah Daerah, ABRI dan departemen lain termasuk BUMN.
2. Rumah sakit Swasta

Rumah sakit swasta dimiliki dan diselenggarakan oleh badan swasta yang sudah disahkan menjadi badan hukum lain yang bersifat sosial (Adissasmito, 2009).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 92 Tahun 1986, rumah sakit umum memegang peranan penting dalam upaya pemenuhan fasilitas kesehatan, dibantu oleh rumah sakit khusus yang menangani bidang spesifik tertentu. Dalam pembagiannya berdasarkan fasilitas dan kualifikasinya, rumah sakit umum dibagi menjadi 4 kelas, antara lain :

a. Rumah Sakit Umum Kelas A

Rumah sakit umum kelas A harus memberikan pelayanan lebih dari 12 ahli spesialis, 4 dokter spesialis dasar purna waktu dan 36 dokter umum. Rumah sakit kelas A memiliki daya tampung lebih dari 1000 tempat tidur. Luas skope pelayanan rumah sakit ini adalah tingkat Nasional. Salah satu contoh Rumah Sakit Umum Kelas A ini adalah RSU Dr. Soetomo di Surabaya.

b. Rumah Sakit Umum Kelas B

Rumah sakit umum kelas B harus memberikan pelayanan paling sedikit 4 pelayanan medik dasar dan pelayanan spesialis penunjang medik, 8 pelayanan medik spesialis lain dan 2 pelayanan medik sub spesialis. Rumah sakit ini memiliki daya tampung 600 hingga 800 tempat tidur.

c. Rumah Sakit Umum Kelas C

Rumah sakit umum kelas C harus memberikan pelayanan paling sedikit 4 pelayanan medik spesialis dasar dan 4 pelayanan spesialis penunjang medik. Rumah sakit ini memiliki daya tampung 100 hingga 300 tempat tidur.

d. Rumah Sakit Umum Kelas D

Rumah sakit umum kelas D harus memberikan pelayanan paling sedikit 2 pelayanan medik spesialis dasar. Rumah sakit ini memiliki daya tampung 25 hingga 100 tempat tidur.

### **2.3. Pengertian Air Limbah**

Menurut Tchobanoglous dan Eliassen (1985), limbah dibagi menjadi 4 komponen yaitu air limbah domestik (*domestic wastewater*), air limbah industri (*industrial wastewater*), rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), dan air hujan (*storm water*).

Air limbah adalah air buangan yang berasal dari daerah pemukiman, institusi, komersial dan fasilitas umum lainnya (Tchobanoglous, et al, 2003). Air limbah yang tidak diolah akan berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat. Selain itu, air limbah dapat berasal dari air tanah, air hujan maupun dari air permukaan. Menurut *Environmental Protection Agency*, air yang membawa bahan padat terlarut atau tersuspensi dari tempat tinggal, kebun, bangunan perdagangan, dan industri. Dari berbagai sumber diatas, pengertian air limbah secara garis besar merupakan air buangan yang berasal dari kegiatan manusia atau kegiatan sanitasi pemukiman, industri maupun fasilitas umum lainnya.

#### **2.3.1. Air Limbah Rumah Sakit**

Air limbah rumah sakit adalah buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi limbah non medis (limbah domestik cair) dan limbah medis (air limbah klinis). Limbah non-medis adalah limbah yang berasal dari kamar mandi, dapur dan air bekas cucian (*laundry*). Sedangkan air limbah klinis adalah air yang berasal kegiatan medis rumah sakit (Said, 2011). Kegiatan medis rumah sakit meliputi pencucian alat medis maupun non-medis serta kegiatan lainnya (Nurdianto, 2011).

Menurut Okun dan Ponghis (1975), berbagai parameter kualitas air limbah yang penting untuk diketahui adalah bahan padat tersuspensi (*suspended solids*), bahan padat terlarut (*dissolved solids*), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), organisme coliform, pH, oksigen terlarut, kebutuhan klor, dan nutrisi. Karakteristik air limbah tersebut mempunyai hubungan yang saling berkaitan antara satu dengan yang lain (Asmadi dan Suharno, 2012).

#### **2.3.1.1. Bau**

Bau pada air limbah terjadi karena adanya gas yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik. Menurut Tchobanoglous, et al (2003), bau dari air limbah adalah  $H_2S$  yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerobic dengan mengubah sulfat menjadi sulfide. Efek dari timbulnya bau dalam konsentrasi rendah bagi kehidupan adalah menimbulkan gangguan psikologis yaitu stress (Sari, 2015).

#### **2.3.1.2. Suhu**

Air limbah sering memiliki suhu lebih tinggi daripada air bersih dan bervariasi yang berkisar antara 13 – 24°C (Asmadi dan Suharno, 2012). Suhu pada air dapat menentukan besarnya kehadiran spesies biologi dan tingkat aktivitasnya. Pada suhu tinggi, suhu aktivitas biologi seperti pertumbuhan dan reproduksi akan meningkat. Begitu pula sebaliknya, saat suhu dalam keadaan rendah, maka aktivitas biologi juga akan menurun. Suhu lebih tinggi menyebabkan peningkatan pertumbuhan bakteri dan pengurangan kelarutan  $CaCO_3$  sehingga menimbulkan pengendapan di tangki penyimpanan maupun sistem perpipaan (Morel dan Diener, 2006).

#### **2.3.1.3. TSS**

Kandungan padatan tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan bagian dari *Total Solid* (TS) yang diukur dengan menguapkan sampel air ke dalam oven bersuhu 105°C (Tchobanoglous, et al., 2002). TSS mempengaruhi tingkat kepekatan warna air limbah. Semakin pekar warna air limbah, semakin tinggi nilai kandungan TSS didalamnya. Menurut Sugiharto (1987), bahan padat total terdiri dari bahan padat tak terlarut atau bahan padat terapung serta senyawa-senyawa yang terlarut dalam air dalam air. Dan bahan padat total terdiri dari bahan tersuspensi (Asmadi dan Suharno, 2012).

#### **2.3.1.4. pH dan Alkalinitas**

Agar pengolahan lebih mudah dan menghindari pengaruh negatif pada tanah dan tanaman pH air limbah domestik seharusnya antara 6,5 – 8,4 (USEPA, 2004). Air limbah dengan kondisi pH dibawah 5 dan diatas 9 lebih sukar diolah secara langsung.

Kombinasi pH dan alkalinitas (ukuran kemampuan air menetralisasi keasaman) tinggi menjadi perhatian khusus (Morel dan Diener, 2006). Alkalinitas air limbah biasanya antara 20-340 mg/L dengan tingkat tertinggi ditemukan pada air limbah pencucian dan dapur (Ledín *et al.*, 2001).

#### **2.3.1.5. BOD dan COD**

BOD dan COD merupakan parameter untuk mengukur polusi organik di air. Pembuangan limbah dengan kadar BOD dan COD tinggi ke air permukaan menimbulkan kekurangan oksigen sehingga kehidupan air tidak berlangsung lama. Beban BOD dalam air limbah yang ditemukan di berbagai negara berjumlah antara 20 – 50 gram/orang.hari (Friedler, 2004; Mara, 2003). BOD<sub>5</sub> rata-rata dalam air limbah tercampur di Kosta Rika adalah 167 mg/L dengan konsumsi 107 L/orang.hari (Dallas *et al*, 2004). Rasio COD/BOD sebagai indikator tingkat mudahnya *biodegradable* air limbah tergolong bagus jika dibawah 2 – 2,5. Air limbah di negara berpenghasilan rendah dan menengah mengindikasikan rasio COD/BOD antara 1,6–2,9. Nilai maksimum dari air limbah tersebut berasal dari pencucian dan dapur (Morel dan Diener, 2006).

#### **2.3.1.6. Dissolved Oxygen**

*Dissolved Oxygen* merupakan jumlah oksigen yang terdapat dalam air. Parameter ini penting terutama untuk mengetahui kondisi aerobik dalam air yang terkontaminasi polutan. Pada instalasi pengolahan air limbah secara aerobik digunakan sebagai parameter memurnikan air limbah domestic atau air limbah industry (Sawyer *et al*, 2004).

#### **2.3.1.7. Nitrogen Organik**

Jumlah nitrogen yang terdapat pada air limbah dalam bentuk ammonia ( $\text{NH}_3$ ) atau ion ammonia ( $\text{NH}_3^+$ ) (Reynolds dan Richards, 1996). Ammonia dalam air limbah jika bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) yang merupakan sumber pencemar pada perairan.

#### 2.3.1.8. Fosfat

Ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada air limbah berasal dari deterjen yang termasuk dalam golongan polifosfat (Reynolds dan Richards, 1996). Menurut Susana (2008), fosfat adalah bentuk persenyawaan fosfor yang berperan penting dalam menunjang kehidupan aquatic.

#### 2.4. Baku Mutu Air Limbah

Air limbah rumah sakit harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar memenuhi baku mutu air limbah yang diijinkan. Baku mutu air limbah rumah sakit ini mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air limbah bagi Kegiatan Industri dan Usaha Lainnya.

Baku mutu air limbah rumah sakit dimasukkan ke dalam kategori air limbah rumah sakit pada peraturan tersebut. Parameter-parameter yang perlu diperhatikan meliputi: suhu, pH, BOD, COD, TSS,  $\text{NH}_3\text{-N}$  bebas,  $\text{PO}_3$ , dan MPN-Kuman Golongan Koli/100 mL.

**Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Rumah Sakit**

<b>BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK KEGIATAN RUMAH SAKIT</b>		
Volume Limbah Cair Maximum 500 L / (orang.hari)		
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)	
Suhu	30° C	
pH	6-9	
BOD <sub>5</sub>	30	
COD	80	
TSS	30	
$\text{NH}_3\text{-N}$ bebas	0,1	
$\text{PO}_4$	2	
MPN-Kuman Golongan Koli/100 mL	10.000	

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

#### 2.5. Pengolahan Air Limbah menurut Karakteristiknya

Pengolahan limbah cair pada umumnya terdiri atas pengolahan fisik, kimia dan biologi. Seluruh proses tersebut

bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid dan bahan-bahan organik maupun anorganik yang terlarut (Siregar, 2005).

#### **2.4.1. Proses Pengolahan Fisika**

Menurut Siregar (2005), proses pengolahan yang termasuk dalam pengolahan fisik adalah dengan menggunakan *screen* salah satunya. Siregar (2005) juga menuliskan bahwa pemisahan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (*sedimentasi* atau *oil/water separator*) atau flotasi, adsorpsi dan *stripping*.

Pemisahan padatan-padatan ini merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi beban dan mengurangi risiko rusaknya peralatan akibat adanya kebuntuan (*clogging*) pada pipa, *valve* dan pompa.

#### **2.4.2. Proses Pengolahan Kimia**

Yang dapat digolongkan pada pengolahan kimia adalah netralisasi, presipitasi, oksidasi, reduksi dan pertukaran ion (Siregar, 2005). Beberapa kelebihan proses pengolahan kimia antara lain dapat menangani hampir seluruh polutan anorganik, tidak terpengaruh oleh polutan yang beracun atau toksik dan tidak tergantung pada perubahan-perubahan konsentrasi. Meskipun begitu, terdapat kelemahan dalam pengolahan biologi. Kelemahannya yaitu dapat meningkatkan jumlah lumpur dan meningkatkan jumlah garam (Siregar, 2005).

#### **2.4.3. Proses Pengolahan Biologis**

Menurut Tchobanoglous, et al (2003), ada empat tujuan secara keseluruhan dari pengolahan air limbah domestik. Yang pertama adalah menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan tak mengendap menjadi flok biologis atau *biofilm*. Yang kedua adalah terjadi perubahan dalam unsur *biodegradable* terlarut dan partikulat menjadi produk yang diterima. Yang ketiga adalah penyisihan *nutrient* seperti nitrogen dan fosfor. Dan yang keempat adalah dapat menyisihkan unsur dan senyawa organik sisa pada beberapa kasus.

Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan

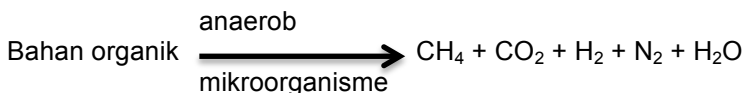


melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Proses biologis dengan biakan melekat adalah proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media (Tchobanoglous, 2003). Beberapa contoh dari teknologi ini antara lain *tricking filter*, biofilter tercelup, *Rotating Biological Contractor (RBC)*, aerasi kontak.

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor (Tchobanoglous, 2003). Beberapa contoh proses ini adalah proses lumpur aktif, *step aeration*, *contact stabilization*, *oxidation ditch* dan lainnya.

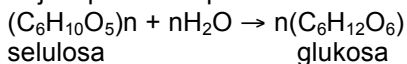
Proses biologis yang terjadi pada pengolahan anaerobic melibatkan penguraian senyawa organik tanpa adanya molekul oksigen untuk menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ), gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan sejumlah kecil nitrogen, hydrogen dan hydrogen sulfide. Reaksi sederhana penguraian senyawa organik secara anaerob:



Proses ini meliputi hidrolisis, asidogenesis dan metanogenesis.

a) Tahap Hidrolisis

Pada tahap pertama, senyawa yang tidak terlarut seperti selulosa, protein dan lemak dipecah menjadi monomer-monomer (fragmen larut dalam air) oleh hydrolase dari bakteri anaerobic fakultatif dan obligat. Sebagai contoh, polisakarida diubah menjadi monosakarida. Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



b) Tahap Asidogenesis

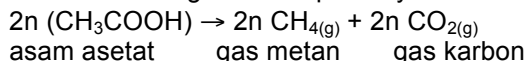
Tahap kedua adalah asidogenesis atau bisa juga disebut dengan fermentasi. Pada tahap ini terjadi perubahan

senyawa sederhana menjadi asam organik yang mudah menguap seperti asam asetat, asam butirat, asam propionate dan lain lain. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Reaksi yang terjadi adalah:

- a.  $n \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 \rightarrow 2n (\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) + 2n \text{ CO}_{2(g)} + \text{kalor}$   
glukosa etanol karbondioksida
- b.  $2n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})_{(aq)} + n\text{CO}_{2(g)} \rightarrow 2n(\text{CH}_3\text{COOH})_{(aq)} + n\text{CH}_{4(g)}$   
etanol karbondioksida asam asetat metana

c) Tahap Metanogenesis

Metanogenesis merupakan tahap terakhir dari proses anaerobik ini. Pada tahap ini terjadi perubahan asam organik menjadi metana, karbon dioksida dan gas-gas lain seperti hydrogen sulfide, hidrogen dan nitrogen. Reaksi metanogenesis dapat dinyatakan sebagai berikut:



Seperti yang telah dikatakan sebelumnya, pada proses ini tidak hanya menghasilkan gas metan dan karbon tetapi menghasilkan gas-gas lainnya seperti nitrogen. Untuk reaksi pembentukan gas nitrogen dapat dilihat dibawah:



## 2.6. Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit Kelas B

Karakteristik air limbah rumah sakit kelas B sangat bervariasi karena adanya perbedaan jenis dan aktivitas yang dilakukan di setiap rumah sakit. Berikut adalah beberapa contoh karakteristik rumah sakit kelas B.

**Tabel 2. 2 Karakteristik Effluen Air Limbah RSUD Sidoarjo**

No.	Parameter	Nilai
1.	BOD5	182 mg/l
2.	COD	385 mg/l
3.	TSS	244 mg/l
4.	NH3	3,4 mg/l
5.	Fosfat	9,15 mg/l

Sumber: Halimatussa'diyah, 2005

**Tabel 2. 3 Karakteristik *Effluen* Air Limbah RSUD Kab. Sidoarjo**

No.	Parameter	Nilai
1	BOD5	69,4 mg/l
2.	COD	144,8 mg/l
3.	TSS	132 mg/l
4.	NH3	72,43 mg/l
5.	Fosfat	2,9 mg/l

Sumber: Ningsih, 2008

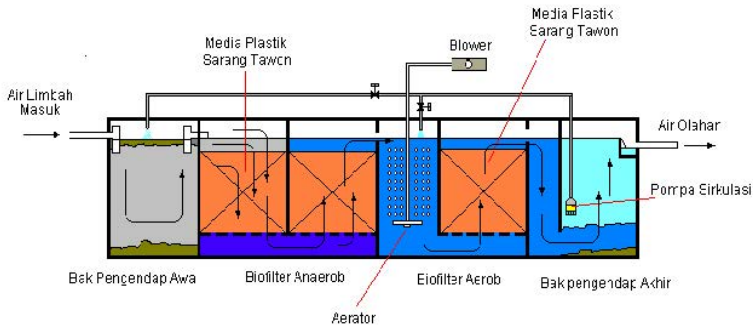
## **2.7. Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit**

Pada proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, sebagian besar teknologi yang digunakan menggunakan aktifitas mikro organisme untuk menguraikan senyawa tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme disebut dengan proses biologis.

Pengolahan air limbah rumah sakit dengan kandungan bahan organik tinggi dapat diolah dengan menggunakan pengolahan biologis (Said,2011). Sedangkan air limbah yang berasal dari laboratorium dipisahkan dan ditampung karena mengandung logam berat, kemudian diolah secara kimia-fisika.

Di dalam seri sanitasi lingkungan pedoman teknis instalasi pengolahan air limbah kementerian kesehatan RI disebutkan bahwa mengolah biofilter anaerob dan aerob merupakan pengolahan yang sesuai untuk diterapkan dalam fasilitas rumah sakit. Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energy (blower udara) tetapi untuk amoniak dan fosfat tidak hilang. Oleh sebab itu, biofilter anarob hanya dapat menurunkan polutan organik (*Biological Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen Demand* dan *Total Suspended Solid*). Supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari porses biofilter anaerob selanjutnya diolah ke biofilter aerob untuk menyisihkan ammonia

dan fosfat. Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2. 1 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob**

Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus mempertimbangkan beberapa hal yaitu jumlah air limbah yang akan diolah, kualitas air hasil olahan yang diharapkan, kemudahan dalam hal pengelolaan, ketersediaan lahan dan sumber energy serta biaya yang diusahakan serendah mungkin.

Setiap jenis teknologi pengolahan air limbah mempunyai keunggulan dan kekurangannya masing-masing. Sehingga, dalam hal pemilihan jenis teknologi tersebut perlu diperhatikan aspek teknis, aspek finansial dan aspek lingkungan serta sumber daya manusia yang akan mengelola fasilitas tersebut. Dalam perencanaan kali ini, aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan aspek finansial.

Perencanaan ini direncanakan menggunakan pengolahan biologis secara anaerobik sebagai penyisihan polutan organik (BOD, COD, dan TSS) dan unit filter dengan media arang aktif sebagai mediana untuk menyisihkan kandungan amoniak (Roesiani, 2015) dan fosfat (Puspitahati dan Bambang, 2012). Teknologi yang dipilih sedikit berbeda atau dimodifikasi dari pedoman teknis yang telah ada sebagai alternatif pengolahan dari pedoman teknis dimana diharapkan effluen yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu dan biaya konstruksi lebih rendah.

### 2.7.1. *Anaerobic Baffle Reactor*

*Anaerobic biofilter* adalah bak pengendap yang dimodifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Dinier, 2008). Modifikasinya antara lain dengan merubah desain *baffle* atau sekat, reaktor *hybrid* dengan sebuah pengendap yang digunakan untuk menangkap dan mengembalikan endapan atau sebuah paket yang dipasang diatas ABR untuk menangkap *solid*.

Dalam proses ABR, *baffle* (sekat) digunakan untuk mengalirkan air limbah dengan arah aliran ke atas melewati reaktor lapisan lumpur (Rakhmadany, 2013). Lumpur dalam reaktor mengalir mengalir naik dan turun tetapi dengan kecepatan lambat.

*Baffled septic tank* memiliki setidaknya 4 ruang, proses kerja ruang pertama dari ABR ini berprinsip seperti tangki septik dan ruang terakhir bisa dilengkapi dengan filter pada bagian atasnya (Sasse,1998). Penambahan filter ini dilakukan dengan maksud untuk menahan partikel padatan.

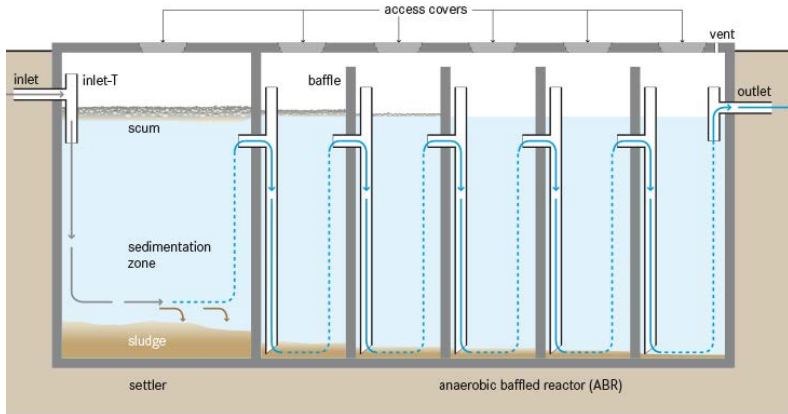
Untuk mengolah air limbah domestik, *aerobic biofilter* bisa dibilang sesuai = sebagai unit pengolahan. Efisiensi pada *aerobic biofilter* tergantung pada beban organik yang tinggi dengan efisiensi removal COD antara 65-95% dan BOD antara 70-95%.

Kelebihan dari ABR adalah sebagai berikut:

- Pengeoperasian mudah atau sederhana
- Waktu Tinggal Lumpur (SRT) yang lama memungkinkan Waktu Tinggal Hidrolis (HRT) yang rendah.
- Tidak dibutuhkan karakteristik biomassa yang khusus.
- Air limbah dengan berbagai macam konstituen dapat diolah
- Tahap operasi peningkatan kinetika.
- Stabil jika ada *shock loading*

Beberapa penelitian tentang proses yang terjadi dalam ABR telah dilakukan dengan menggunakan berbagai macam air limbah dan temperatur rendah hingga 13 ° C. Hasil yang cukup baik tentang nilai *organic loading*, temperatur dan berapa persen removal

COD telah diketahui. Beberapa penelitian mengoperasikan nilai *Hydraulic Retention Time* berkisar 6 sampai 24 jam. Konsentrasi endapan yang menguap bervariasi dari 4 sampai 20 g/L (Rakhmadany, 2013).



**Gambar 2. 2 Anarobic Baffle Reactor**

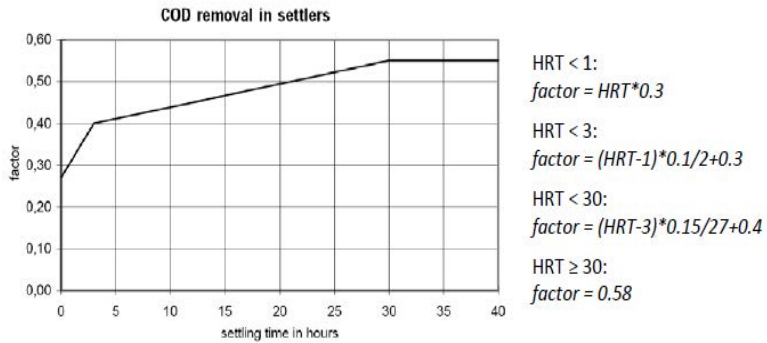
Sumber: Sasse, 2003

**Tabel 2. 4 Kriteria Desain ABR**

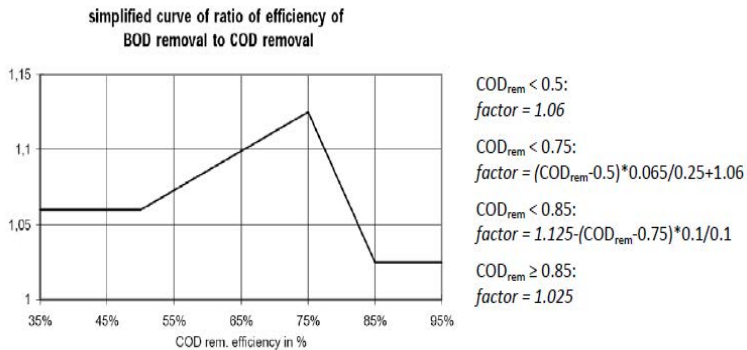
No.	Parameter	Nilai
1.	HRT	6-14 jam
3.	Upflow velocity	$\leq 1,1$ m/jam
4.	Removal BOD	70-95%
5.	Removal COD	65-90%
6.	Organic Loading	$< 3$ kg COD/m <sup>3</sup> .hari
7.	Jumlah ruang	4-6 ruang
8.	Kedalaman outlet	Maximum 2,2

Sumber: Sasse, 2003

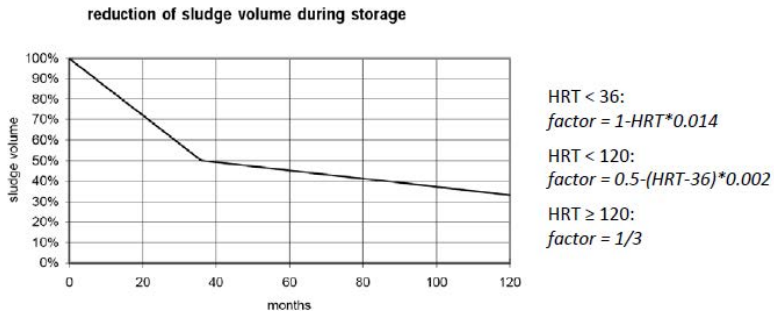
Untuk menentukan jumlah COD yang tersisihkan dan menjadi lumpur dapat ditentukan berdasarkan gambar dibawah ini.



**Gambar 2. 3 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Td**  
 Sumber: Sasse, 2009



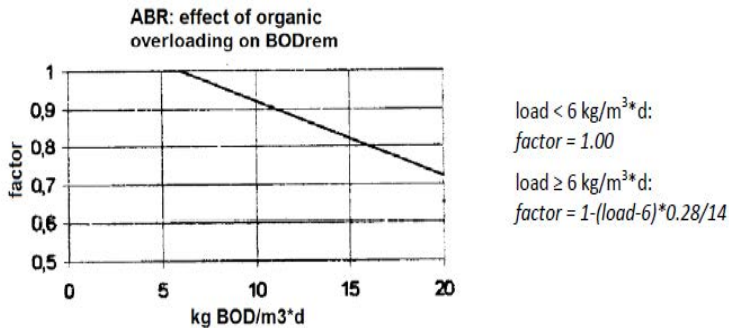
**Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan BOD yang tersisihkan**  
 Sumber: Sasse, 2009



**Gambar 2. 5 Grafik Hubungan Reduksi Volume Berdasarkan Waktu Simpan**

Sumber: Sasse, 2009

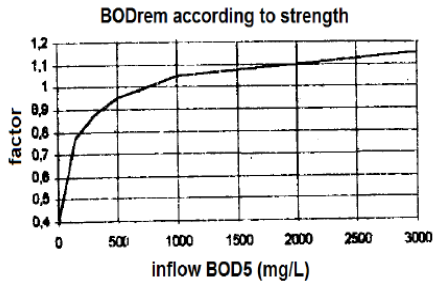
Untuk menentukan efisiensi ABR didasarkan pada hasil kali nilai faktor berdasarkan grafik pada gambar dibawah ini



**Gambar 2. 6 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap *Organic Overloading***

Sumber: Sasse, 2009

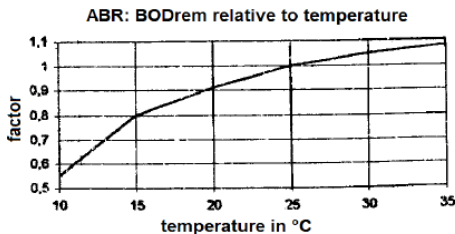




$BOD_{in} < 150 \text{ mg/L:}$   
 $factor = BOD_{in} * 0.37 / 150 + 0.4$   
 $BOD_{in} < 300 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 150) * 0.1 / 150 + 0.77$   
 $BOD_{in} < 500 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 300) * 0.08 / 200 + 0.87$   
 $BOD_{in} < 1000 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 500) * 0.1 / 500 + 0.95$   
 $BOD_{in} < 3000 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 1000) * 0.1 / 2000 + 1.05$   
 $BOD_{in} \geq 3000 \text{ mg/L:}$   
 $factor = 1.15$

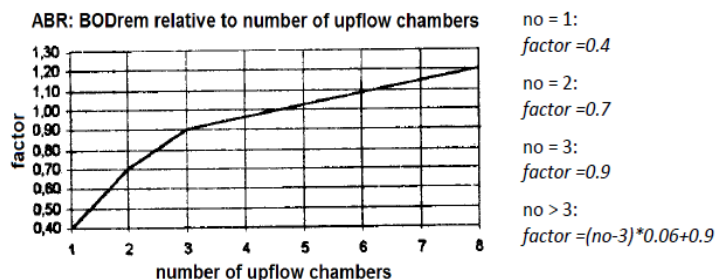
**Gambar 2. 7 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Konsentrasi BOD**  
 Sumber: Sasse, 2009

**Gambar 2. 8 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap**



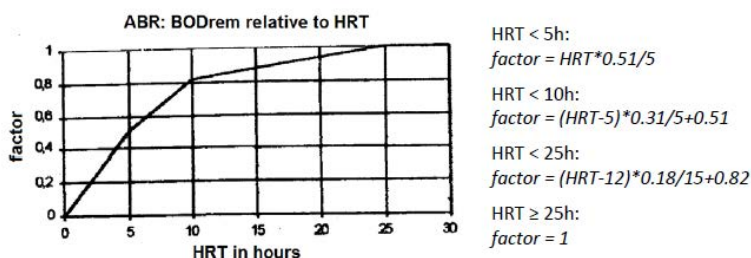
$temp < 15 \text{ }^{\circ}\text{C:}$   
 $factor = (temp - 10) * 0.25 / 5 + 0.55$   
 $temp < 20 \text{ }^{\circ}\text{C:}$   
 $factor = (temp - 15) * 0.11 / 5 + 0.8$   
 $temp < 25 \text{ }^{\circ}\text{C:}$   
 $factor = (temp - 20) * 0.09 / 5 + 0.91$   
 $temp < 30 \text{ }^{\circ}\text{C:}$   
 $factor = (temp - 25) * 0.05 / 5 + 1$   
 $temp \geq 30 \text{ }^{\circ}\text{C:}$   
 $factor = (temp - 30) * 0.03 / 5 + 1.05$

**Temperature**  
 Sumber: Sasse, 2009



**Gambar 2. 9 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Jumlah Kompartemen**

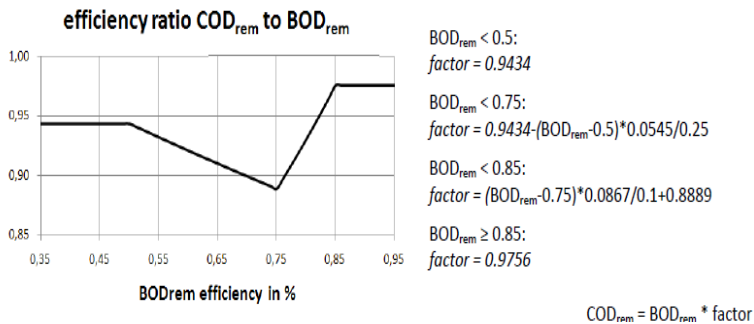
Sumber: Sasse, 2009



**Gambar 2. 10 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap HRT**

Sumber: Sasse, 2009

Untuk menentukan removal COD didasarkan pada nilai faktor pada Gambar 2.10



**Gambar 2. 11 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap HRT**  
Sumber: Sasse, 2009

### 2.7.2. Anaerobic Biofilter

*Anaerobic biofilter* terdiri dari tangki kedap air yang mempunyai beberapa lapisan media yang terendam, yang menyediakan area permukaan untuk mengendap. AF digunakan untuk air limbah domestik maupun non-domestik dengan presentase padatan tersuspensi yang rendah dengan rasio COD/BOD kecil. Menurut Sasse (2003), pengendapan awal atau tangki septik diperlukan untuk menyisihkan padatan berukuran besar sebelum masuk ke *filter*.

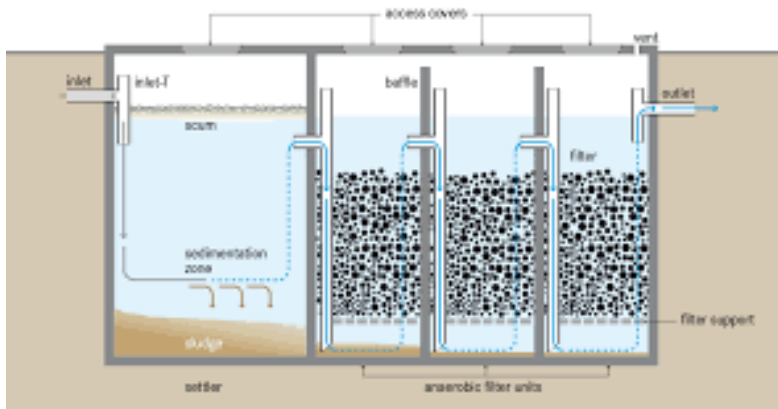
Unit *anaerobic filter* ini menerapkan proses pertumbuhan melekat dengan prinsip kerja *fixed-medium system* yaitu dengan cara melewatkan air limbah pada media-media tempat tumbuh melekatnya mikroorganisme yang digunakan untuk menghilangkan kandungan materi organik pada air limbah. Kelebihan dari AF ini antara lain :

- Lumpur yang dihasilkan rendah
- Energy yang dibutuhkan rendah
- Bisa dibangun dengan disesuaikan dengan kebutuhan lahan

Sedangkan untuk kekurangan dari AF ini adalah:

- Hanya sesuai untuk pengolahan limbah dengan konsentrasi ss rendah
- Memerlukan feeding air limbah yang konstan
- Penyisihan nutrient yang rendah

Secara umum, reactor AF dikonfigurasi secara *upflow* atau *downflow*. Pada reactor *upflow*, media filter akan berada di bawah permukaan air. Pada reaktor *downflow*, media filter dapat berada di bawah maupun di atas permukaan air. Gambar skema aliran *anaerobic filter* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2. 12 Anaerobic Biofilter**

Sumber : Sasse, 2003

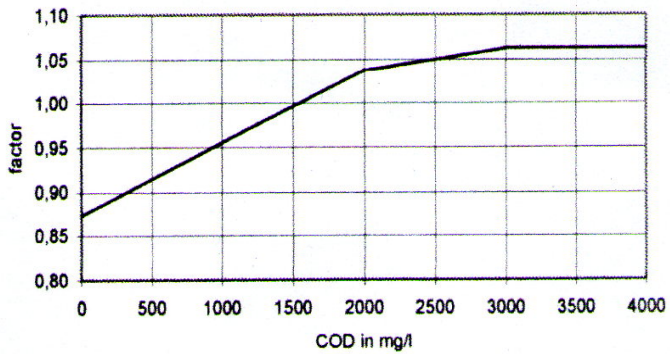
Kriteria desain untuk anaerobik biofilter dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2. 5 Kriteria Desain untuk Biofilter Anaerobik**

Parameter	Satuan	Nilai
OLR	COD/m <sup>3</sup> .hari	< 4
HLR	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . jam	< 2
Luas spesifik media	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	100-200

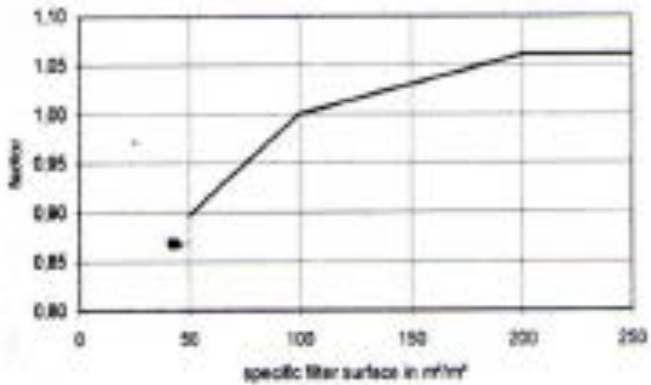
Sumber: Sasse, 2003

Untuk menentukan efisiensi Anaerobic biofilter didasarkan pada hasil kali nilai faktor berdasarkan grafik pada gambar dibawah



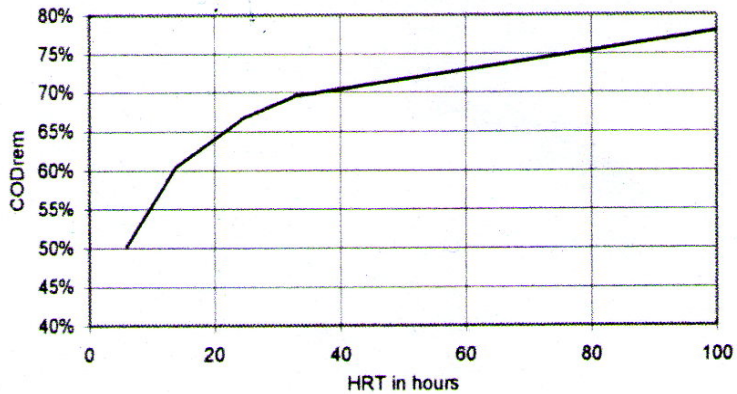
**Gambar 2. 13 Grafik Faktor Strength**

Sumber: Sasse, 2003



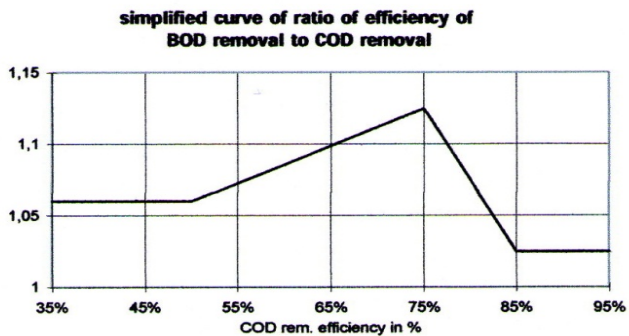
**Gambar 2. 14 Grafik Faktor Permukaan**

Sumber: Sasse, 2003



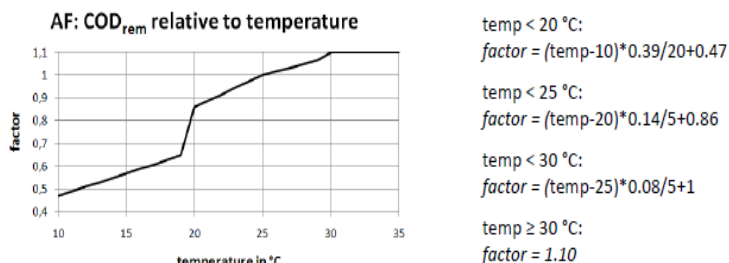
**Gambar 2. 15 Grafik Faktor Waktu Tinggal**

Sumber: Sasse, 2003



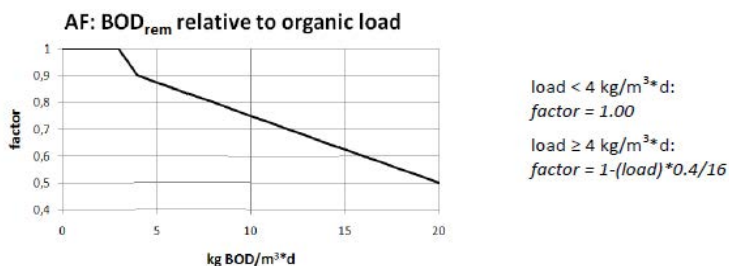
**Gambar 2. 16 Grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD pada Biofilter**

Sumber: Sasse, 2003



**Gambar 2. 17 Grafik Faktor Penyisihan COD berdasarkan Temperatur**

Sumber: Sasse, 2003



**Gambar 2. 18 Grafik Faktor Penyisihan COD berdasarkan Beban Organik**

Sumber: Sasse, 2009

### 2.7.3. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi sebagai menjaga kestabilan air limbah yang dihasilkan. Menurut Tchobanoglous (2004), bak ekualisasi berfungsi sebagai penampung dan menghomogenkan debit air limbah yang masuk. Selain itu, kegunaan dari bak ekualisasi antara lain:

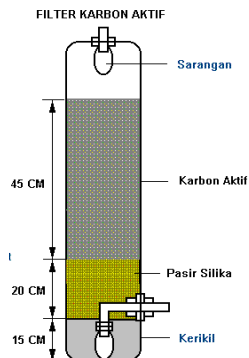
- Bak ekualisasi membuat air limbah bercampur sehingga menghasilkan larutan air limbah yang homogen.
- Bak ekualisasi mencegah adanya masalah operasi akibat variasi debit.

- Apabila terjadi perubahan beban secara mendadak, bak ekualisasi mampu mengatur beban hingga menjadi konstan.

Peletakan bak ekualisasi ini adalah sebelum pengolahan biologis. Menurut Tchobanoglous *et al* (2003), bak ekualisasi memaksakan kebutuhan head tambahan dalam IPAL sehingga fasilitas pompa diperlukan. Pemompaan boleh mendahului atau mengikuti ekualisasi namun pemompaan ke dalam bak secara umum diutamakan untuk keandalan operasi pengolahan.

#### 2.7.4. Karbon Filter

Filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan (menyaring) bahan-bahan pengotor (partikulat) yang terdapat di dalam air. Pada prosesnya, air yang melewati media filter akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul di sepanjang kedalaman media yang terlewati. Menurut Nurhayati dan Iman (2012), selama dalam proses atau lewat saringan kualitas air akan menjadi baik yaitu dalam hal (1) kandungan koloidal yang tersuspensi, (2) menurunnya kandungan bakteri dan organisme lain serta (3) perubahan kandungan parameter kimia. Dalam pemnggunaannya, filtrasi menggunakan bahan-bahan yang stabil seperti pasir silika, pecahan batu, pasir garmet (Masduqi dan Assomadi, 2012) dan arang aktif (Puspitahati, 2012).



**Gambar 2. 19 Filter Karbon Aktif**

Sumber: Said, 2012



Arang aktif atau karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap tinggi. Proses pembuatan arang aktif dapat dibagi menjadi dua tingkatan proses yaitu karbonisasi (pengarangan) dan aktivasi karbon. Karbon aktif yang sering digunakan untuk pengolahan limbah cair berbentuk butiran (granular) atau berbentuk bubuk (tepung). Menurut Sugiharto (1987), karbon berbentuk granular dapat dicuci sedangkan yang berbentuk bubuk (amorf) tidak dapat dicuci sehingga sulit untuk diregenerasi.

Proses yang terjadi pada arang aktif ini adalah sistem adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses yang memanfaatkan kemampuan zat padat untuk menyerap suatu zat yang spesifik dan penyerapan itu hanya terbatas pada permukaan. Proses adsorpsi terutama terjadi pada mikro pori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori ialah makropori. Menurut Reynold (1982), adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapannya.

Jenis adsorpsi sendiri ada 2 yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi ini, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekular) lebih kecil daripada gaya tarik-menarik antara molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik-menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relative lemah. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori (Murti, 2008).

b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen atau ion. Ikatan yang terbentuk sangat kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditemukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk, maka adsorbat tidak mudah teradsorpsi. Adsorpsi kimia ini diawali dengan adsorpsi fisika dimana adsorbat mendekat ke permukaan adsorben dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen (Prabowo, 2009).

Molekul adsorbat ditahan pada permukaan adsorben oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia maka pada permukaan adsorben, maka akan terbentuk suatu lapisan dimana lapisan tersebut akan menghambat proses adsorpsi selanjutnya oleh adsorben sehingga efektifitas berkurang. Adsorpsi kimia biasanya digunakan untuk penentuan daerah pusat aktif dan kinetika reaksi permukaan (Murti, 2008).

Dalam mengadsorpsi fosfat dan ammonia, arang aktif berperan sebagai gugus fungsi yang dapat mengikat molekul-molekul ion tersebut. Interaksi yang terjadi antara arang aktif dengan fosfat dapat membentuk ikatan kimia maupun interaksi elektrostatis (Yao dan Millero, 1996). Didalam rongga arang aktif, kecenderungan adsorpsi molekul adsorbat dapat dikatakan cukup besar. Interaksi adsorpsi ini dapat ditingkatkan dengan adanya muatan kerangka dan adanya kation-kation, sehingga dihasilkan suatu medan elektrostatis. Selama proses adsorpsi diperlukan adanya kontak antara counter ion dengan gugus ionik yang terikat pada arang aktif. Semakin besar luas permukaan, gugus ionik juga semakin terbuka, sehingga kapasitas arang aktif semakin meningkat. Langkah dari adsorpsi fosfat adalah yang pertama terjadinya protonasi permukaan adsorben oleh adanya  $H^+$  pada larutan (Destiarti dan Wahyuni, 2015). Kemudian terjadi pertukaran molekul yang terdapat di permukaan adsorben dengan ion  $H_2PO_4^-$ . Interaksi antara arang aktif juga dapat terjadi melalui terdistribusinya fosfat ke pori arang aktif. Menurut Barber (2002), adsorpsi maksimum terbentuk pada pH 5.

### 2.7.5. Desinfeksi

Desinfeksi berfungsi untuk mematikan organisme patogen. Mikroorganisme dihilangkan dalam berbagai tingkatan selama proses pengendapan, penambahan bahan kimia dan filtrasi akan tetapi agar air aman dikonsumsi oleh manusia maka air yang telah melalui beberapa pengolahan tersebut haruslah didesinfeksi terlebih dahulu. Gas klor dan senyawa klor relatif murah dan umumnya digunakan sebagai desinfektan. Selain itu, klor mempunyai kemampuan membunuh kuman juga mematikan atau merusak penghasil rasa dan bau, algae serta membantu meremoval besi, mangan dan H<sub>2</sub>S. Desinfeksi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

#### A. Secara fisik

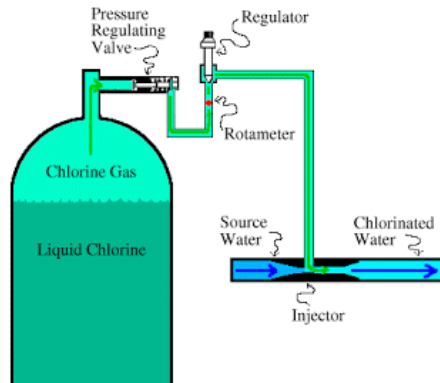
Desinfeksi secara fisik adalah dengan memanaskan air atau dengan sinar UV. Air mendidih dapat membunuh organisme penyakit dalam waktu 15 – 20 menit, meskipun untuk amannya air harus dipanaskan dalam waktu lebih lama. Sinar matahari merupakan desinfektan alamiah karena sinar matahari mengandung sinar UV (ultraviolet) yang mampu bertindak sebagai desinfektan.

#### B. Secara kimia

Desinfeksi secara kimia adalah desinfeksi dengan menambahkan zat-zat kimia untuk mematikan mikroorganisme dalam air. Klor, brom dan iodida merupakan kelompok hidrogen yang efektif untuk desinfektan. Agen pengoksidasi pottasium permanganat, klorin dioksida dan ozon juga dapat digunakan sebagai desinfektan.

Untuk perencanaan kali ini, digunakan klor sebagai desinfektan. Dosis klor adalah jumlah klor yang ditambahkan pada air untuk menghasilkan residu spesifik pada akhir waktu kontak. Hasil sisa (residu) adalah dosis dikurangi kebutuhan klor yang digunakan oleh komponen dan materi organik yang ada dalam air. Dosis klor yang dibutuhkan pada proses pengolahan ditentukan dengan uji laboratorium atau *pilot plant*. Dosis klor dapat bervariasi tergantung pada kualitas air, temperatur dan kondisi iklim yang lain. Umumnya, dosisnya berada pada rentang 0,2 sampai 4 mg/L.

Gambar desinfeksi dapat dilihat pada Gambar 2.19.



**Gambar 2. 20 Desinfeksi dengan Injeksi**

Berikut ini beberapa jenis desinfektan yang digunakan yaitu :

- 1) gas klor ( $\text{Cl}_2$ ), kandungan klor aktif minimal 99%;
- 2) kaporit atau kalsium hipoklorit ( $\text{CaOCl}_2$ ) x  $\text{H}_2\text{O}$  kandungan klor aktif (60— 70)%;
- 3) sodium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ), kandungan klor aktif 15%; ( Sumber : SNI 6774-2008)

Untuk dosis klor ditentukan berdasarkan bpc yaitu jumlah klor yang dikonsumsi air besarnya tergantung dari kualitas air bersih yang di produksi serta ditentukan dari sisa klor di instalasi (0,25 – 0,35) mg/l. ( Sumber : SNI 6774 – 2008 )

## **2.8. Penelitian Terdahulu**

Pada tugas akhir ini dilakukan peninjauan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik tugas akhir untuk dijadikan sebagai referensi. Penelitian terdahulu ini lebih difokuskan pada penelitian tentang *Aerobic biofilter* (ABR), kombinasi anaerobic-aerobic.

1. Rakhmadany (2013) melakukan penelitian air limbah rumah sakit yang diolah secara proses aerobik, anaerobik dan kombinasi anaerobik dan aerobik di Kota

Surabaya. Didapatkan kelebihan pada proses kombinasi anaerobic-aerobik yaitu nilai remval paling tinggi, proses yang terjadi lebih kompleks. Sedangkan kekurangannya adalah luas lahan yang dibutuhkan besar.

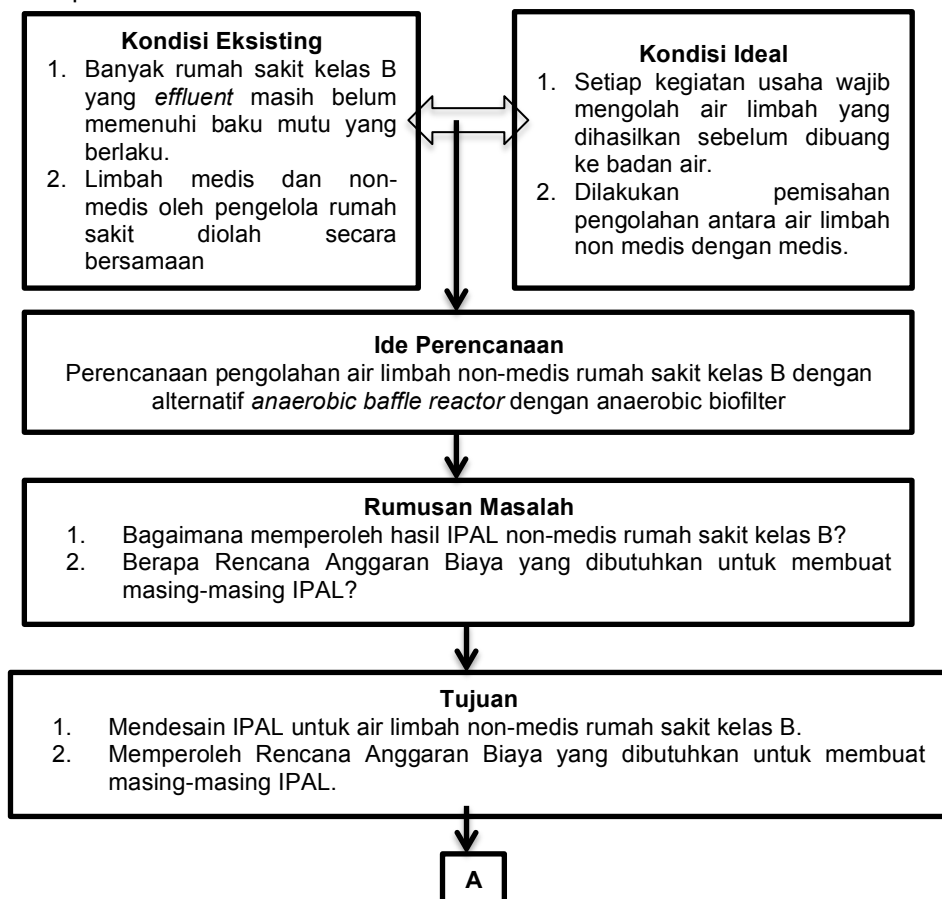
2. Said (2001) melakukan penelitian air limbah rumah sakit yang diolah secara biologis biakan terlekat menggunakan media plastik sarang tawon dapat meremoval COD sebesar 87-98,6%. Reaktor yang digunakan adalah kombinasi antara anaerob dan aerobik.
3. Agustin (2014) melakukan evaluasi kinerja IPAL ditentukan dan efisiensi dan efektivitas IPAL tersebut dalam menghasilkan *effluen* yang sesuai dengan baku mutu air limbah.
4. Suparmadja (2014) melakukan evaluasi mengenai kinerja IPAL pada rumah sakit "X". Dimana kinerja rumah sakit "X" dapat bekerja optimal jika dimensi unit IPAL yang direncanakan tepat dan sesuai dengan kriteria desain.

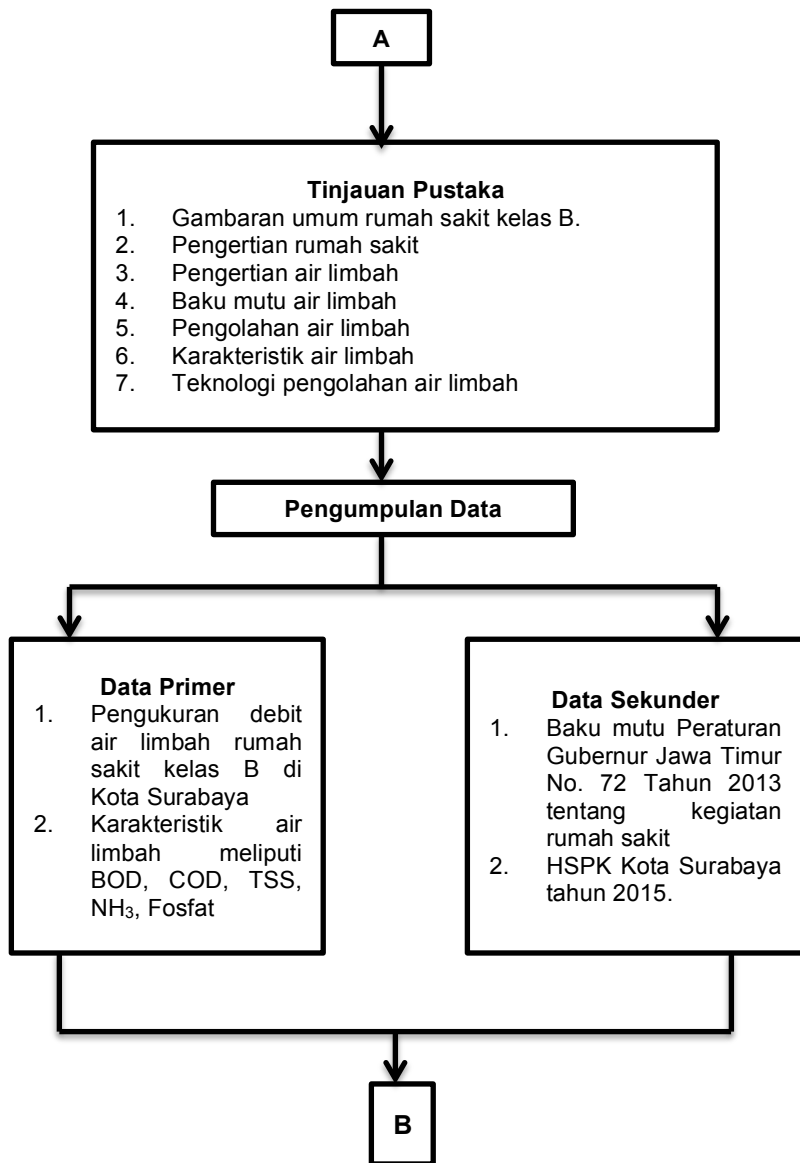
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB 3 METODE PERENCANAAN

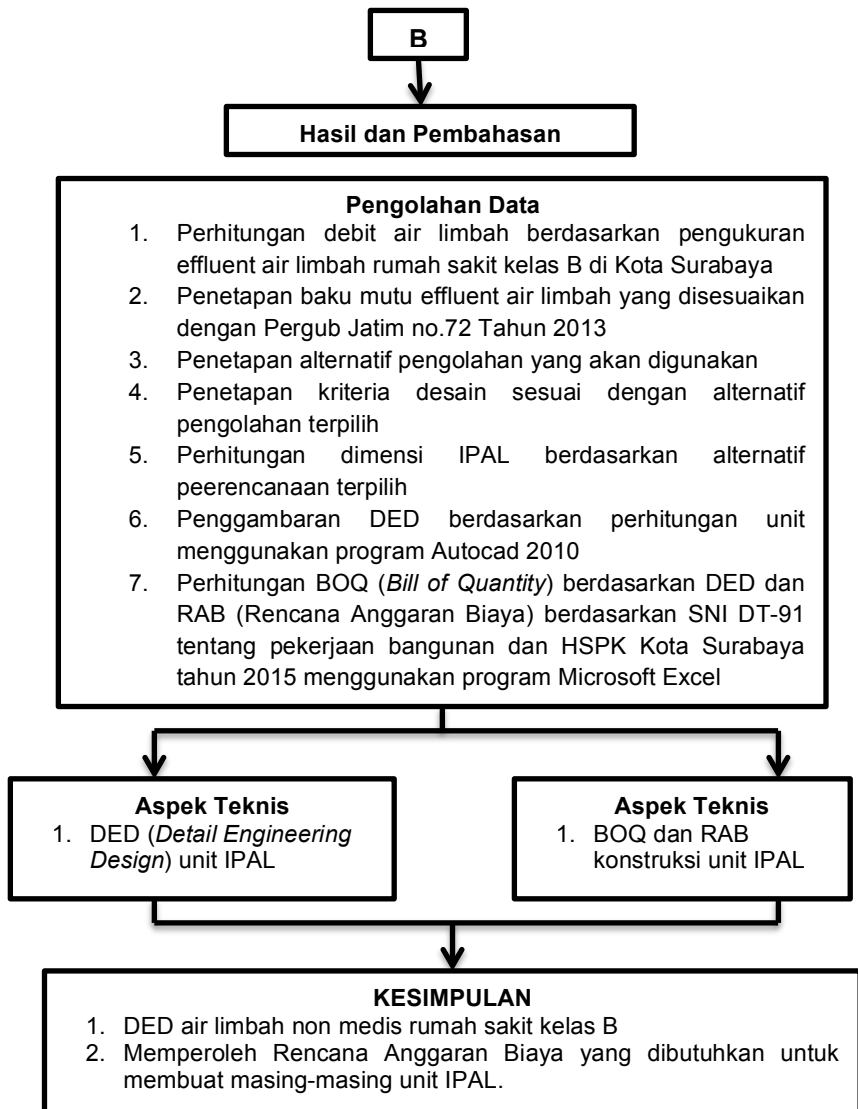
### 3.1. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan adalah gambaran awal mengenai alur perencanaan. Kerangka perencanaan berisi tentang dasar pemikiran dan kegiatan dalam melaksanakan tugas akhir yang disusun secara sistematis. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1









**Gambar 3. 1 Kerangka Perencanaan**

### **3.2. Rangkaian Kegiatan Perencanaan**

Rangkaian kegiatan perancangan terdiri dari penjelasan tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan selama pelaksanaan perancangan ini. Rangkaian kegiatan perancangan dijelaskan yang dilakukan adalah:

#### **3.2.1. Ide Perencanaan**

Ide perencanaan ini didapatkan karena adanya perbedaan antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal pada instalasi pengolahan air limbah di rumah sakit kelas B Surabaya. Kondisi eksisting menunjukkan tidak adanya perbedaan pengolahan air limbah medis dan non-medis. Sehingga mengakibatkan *effluen* tidak memenuhi baku mutu.

#### **3.2.2. Studi Literatur**

Tujuan dari studi literatur adalah untuk mendapatkan teori terkait topik perencanaan sehingga dapat menjadi acuan dalam tugas akhir ini. Sumber literature didiperoleh dari buku, jurnal penelitian, artikel, peraturan dan laporan tugas akhir. Literatur pendukung yang menunjang perencanaan meliputi:

1. Gambaran umum rumah sakit kelas B.
2. Pengertian rumah sakit
3. Pengertian air limbah
4. Baku mutu air limbah
5. Pengolahan air limbah
6. Karakteristik air limbah
7. Teknologi pengolahan air limbah

#### **3.2.3. Pengumpulan Data**

Pada tugas akhir ini, pengumpulan data diperlukan untuk mengumpulkan data yang terkait. Pengumpulan data disesuaikan dengan jenis data yang ingin didapatkan. Data yang dikumpulkan berupa data sekunder dan primer.

##### **a. Data sekunder**

Data sekunder diperoleh dari data rumah sakit X Surabaya dan peraturan.peraturan. Data sekunder yang diperlukan antara lain:

- Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air limbah bagi kegiatan industry dan Usaha Lainnya. Untuk tugas akhir ini digunakan bagian rumah sakit.

- Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya  
Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) kota Surabaya digunakan sebagai acuan perhitungan RAB perpipaan dan IPAL. RAB ini disesuaikan dengan harga pasar.

**b. Data primer**

Data primer diperoleh dari pengukuran dan analisa langsung dilapangan terkait dengan penyusunan tugas akhir. Pengumpulan data primer yang dilakukan sebagai berikut:

- Penelitian Laboratorium  
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air limbah non-medis pada rumah sakit "X" kelas B Surabaya. Parameter yang diuji adalah BOD, COD, TSS,  $PO_4$ ,  $NH_3$

**3.2.4. Pengolahan Data**

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan pengolahan data untuk selanjutnya dilakukan pembahasan. Adapun pengolahan data yang dilakukan meliputi :

**1. Perhitungan debit air limbah serta karakteristik air limbah pengukuran pada salah satu rumah sakit kelas B di Kota Surabaya.**

Debit perencanaan diperoleh dari debit air bersih ataupun dari rekening pemakaian air yang dimiliki oleh rumah sakit kelas B. dari data penggunaan air selanjutnya dihitung penggunaan air rata-rata dari rumah sakit tersebut. Perhitungan debit rata-rata dan debit puncak dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Menginput data debit pemakaian air selama satu tahun dalam tabel.

Data debit yang berasal dari rekening pemakaian air diinput ke dalam tabel. Adapun kolom yang disediakan adalah bulan, pemakaian air, dan produksi air limbah.

- b. Menghitung produksi air limbah dari pemakaian air bersih. Air limbah dihitung dengan cara mengasumsikan debit air limbah sebagai 70% pemakaian air. Produksi air limbah selanjutnya diinput juga kedalam tabulasi yang telah dibuat sebelumnya. Perhitungan air limbah dilakukan seperti dibawah

$$Q_{\text{air limbah}} = 70\% \times Q_{\text{air bersih}}$$

**2. Penetapan baku mutu effluent air limbah yang disesuaikan dengan Peraturan Gubernur Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air limbah bagi Kegiatan Rumah Sakit.**

Nilai baku mutu yang digunakan dalam perencanaan ini adalah Peraturan Gubernur Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit. Hasil kualitas *effluent* selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan.

Baku mutu digunakan sebagai nilai pembanding untuk mengetahui apakah limbah yang telah diolah atau dihasilkan rumah sakit sudah memenuhi syarat untuk dibuang ke badan air. Selain itu, baku mutu juga dapat menjadi acuan dalam perencanaan ini untuk mengetahui berapa nilai polutan yang perlu disisihkan agar dapat memenuhi baku mutu. Setelah mengetahui nilai polutan yang perlu disisihkan dapat diketahui pula berapa tahapan pengolahan yang diperlukan.

**3. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka.**

Kriteria perencanaan yang digunakan diambil dari sasse *et al.* (2009). Kriteria lain yang diambil juga berasal dari jurnal-jurnal terkait pengolahan air rumah sakit. Kriteria perencanaan yang digunakan untuk tiap unit disajikan di BAB II Tinjauan Pustaka.

**4. Penetapan alternatif pengolahan yang digunakan**

Pada perencanaan ini digunakan dua alternative. Pada alternative pertama digunakan proses *Aerobic biofilter* (ABR) sedangkan pada alternatif kedua digunakan anaerobic biofilter.

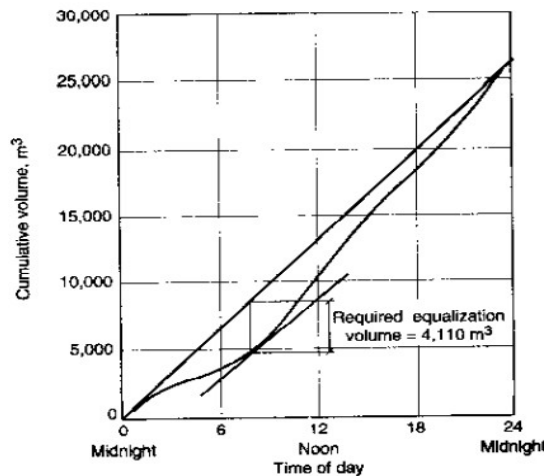
**5. Perhitungan dimensi unit pengolahan yangtelah ditetapkan menggunakan excel**

Perhitungan ditetapkan dilakukan berdasarkan pada kriteria desain yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan

literatur. Adapun hal yang perlu dihitung dari setiap bangunan terkait dengan dimensi baik bangunan

#### A. Bak Ekualisasi

Untuk menentukan volume bak ekualisasi dapat menggunakan grafik pada gambar dibawah.



**Gambar 3. 2 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi**

Langkah perhitungan yang dilakukan adalah :

1. Menghitung volume kumulatif dari masing-masing debit per periode dimulai dari periode paling awal sampai dengan periode paling akhir.
2. Grafik kumulatif diplot pada diagram massa dan debit untuk memperoleh volume bak yang dibutuhkan.
3. Membuat garis parallel yang menghubungkan antara tangent debit rata-rata dengan titik terbawah diagram massa. Volume bak direpresentasikan oleh garis vertical tersebut.

Untuk menentukan efek bak ekualisasi terhadap BOD *mass loading* dapat mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hitunglah volume air limbah pada bak ekualisasi pada tiap-tiap akhir waktu. Perhitungan volume menggunakan perhitungan berikut:

$$V_{sc} = V_{sp} + V_{IC} + V_{OC}$$

Dimana :  $V_{sc}$  = Volume bak ekualisasi pada periode sekarang ( $m^3$ )

$V_{sp}$  = Volume bak ekualisasi pada periode sebelumnya ( $m^3$ )

$V_{IC}$  = Volume inflow selama waktu sekarang ( $m^3$ )

$V_{OC}$  = Volume outflow selama waktu sekarang ( $m^3$ )

2. Hitunglah konsentrasi rata-rata yang keluar dari bak.

Diasumsikan limbah tercampur secara merata, maka dapat dihitung dengan perhitungan berikut:

$$X_{oc} = \frac{(V_{IC})(X_{IC}) + (V_{SP})(X_{SP})}{V_{IC} + V_{SP}}$$

Dimana :  $X_{OC}$  = Konsentrasi rata-rata BOD efluen pada periode sekarang (mg/l)

$V_{IC}$  = Volume influen pada periode sekarang ( $m^3$ )

$X_{IC}$  = Konsentrasi BOD influen rata-rata (mg/l)

$V_{SP}$  = Volume air limbah pada saat akhir periode sebelumnya ( $m^3$ )

$X_{SP}$  = Konsentrasi BOD air limbah pada saat akhir periode sebelumnya (mg/l)

3. Hitunglah *mass loading rate* per jam dengan sebagai berikut:

$$MLR = \frac{(X_{OC})(q_i)(\frac{3600s}{h})}{10^3 g/kg}$$

Dimana : MLR = *Mass loading rate* (kg/jam)

$X_{OC}$  = Konsentrasi rata-rata BOD efluen pada periode sekarang (mg/l)

$q_i$  = Debit aliran pada waktu sekarang (m<sup>3</sup>/s)

4. Masukkan data pada tabel seperti berikut:

**Tabel 3. 1 Contoh Perhitungan BOD Mass Loading pada Bak Ekualisasi**

Ratio	BOD mass loading	
	Unequalized	Equalized
$\frac{peak}{average}$	$\frac{439}{213} = 2,06$	$\frac{271}{213} = 1,27$
$\frac{minimum}{average}$	$\frac{17}{213} = 0,08$	$\frac{132}{213} = 0,62$
$\frac{peak}{minimum}$	$\frac{439}{17} = 25,82$	$\frac{271}{132} = 2,05$

Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003

Data yang telah diperoleh selanjutnya di plot pada grafik. Sumbu x pada grafik menunjukkan waktu sedangkan sumbu y adalah mass BOD loading dan debit.

## **B. Tangki Septic**

a. Menghitung volume berdasarkan  $T_d$  yang telah ditentukan

$$V = Q \times T_d$$

Dimana : V = Volume tangki (m<sup>3</sup>)

$Q$  = Debit pengolahan ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$T_d$  = Waktu tinggal (jam)

- b. Menentukan dimensi zona pengendapan
- c. Menghitung zona lumpur berdasarkan produksi lumpur dan waktu pengurasan.

Untuk menentukan jumlah COD yang tersisihkan dan menjadi lumpur dapat dilihat pada gambar 2.2 sampai 2.4 pada subbab 2.7.1.

Dimensi zona lumpur dihitung berdasarkan lumpur yang dihasilkan setelah proses stabilisasi, dimana perhitungan dimensi zona lumpur sebagai berikut:

$$H = V/A_{\text{zona settling}}$$

Dimana :  $H$  = Kedalaman zona lumpur (m)

$V$  = volume lumpur setelah stabilisasi ( $\text{m}^3$ )

$A$  = Luas permukaan zona pengendapan ( $\text{m}^2$ )

#### 1. Menghitung dimensi ABR

- a. Menghitung dimensi ABR

$A_{\text{surface}}$  = debit puncak / kecepatan upflow

Lebar komp =  $A_{\text{surface}}$  / panjang

Volume ABR = panjang ABR x n.komp x h x lebar ABR

Cek kecepatan upflow =  $Q/(P \times L)$

Cek HRT =  $V \text{ ABR} / Q_{\text{ave}}$

- b. Menentukan efisiensi ABR.

Dalam menentukan efisiensi ABR ini digunakan grafik yang tertera pada gambar 2.5 sampai 2.10 pada subbab 2.7.1.

- c. Menghitung produksi lumpur.



### C. Anarobic Biofilter (ABF)

#### a. Menentukan volume ABF

$$V_{AF} = HRT \times Q$$

Dimana :  $V_{AF}$  = Volume ABF ( $m^3$ )

HRT = Waktu tinggal hidrolik (jam)

$Q$  = Debit pengolahan ( $m^3/jam$ )

#### b. Menentukan dimensi kompartemen

Panjang kompartemen AF = Kedalaman ABR

Lebar kompartemen =  $\frac{V_{AF}}{\text{jumlah kompartemen}/(\text{kedalaman} \times 0,25) + (\text{panjang kompartemen} - \text{ketinggian media filter}) \times (1 - \% \text{porositas media})}$

Ketinggian media filter = Kedalaman AF- jarak media filter dengan dasar bak -0,4-0,05

#### c. Menentukan jumlah kompartemen ABF

$N = V_{AF}/V_{\text{kompartemen}}$

#### d. Cek $V_{up}$

$V_{up} = \frac{Q}{(\text{Lebar kompartemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \% \text{porositas media})}$

#### e. Menghitung efisiensi AF

Dalam menentukan efisiensi ABF ini digunakan grafik yang tertera pada gambar 2.17 sampai 2.18 pada subbab 2.7.2.

#### f. Menghitung produksi lumpur

1. Menentukan jumlah lumpur yang dihasilkan dari tiap unit.

2. Menentukan jenis pompa lumpur.

#### **D. Filtrasi**

a. Luas (A)  $= Q / Vf$

b. Diameter (D)  
 $A = \frac{1}{4} \pi \times D^2$

c. Berat karbon aktif (m)  $= N \text{ yang hilang} / \text{daya serap}$

d. Daya serap minimal 20%, maka  
 m total  $= 4716 \text{ g} / 0,2$

e. Volume karbon aktif (Vka)  $= m / \text{densitas}$

f. Ketinggian karbon aktif (H)  $= Vka / A$

#### **6. Penggambaran DED (*Detail Engineering Design*) masing-masing unit berdasarkan perhitungan menggunakan AutoCAD 2007.**

Setelah didapatkan dimensi dari unit-unit yang dipilih, kemudian dilakukan penggambaran detail tiap unit. Gambar detail merupakan visualisasi dari hasil perhitungan dimensi unit bangunan. Dari gambar detail dapat diperoleh informasi mengenai ukuran, volume pekerjaan serta kebutuhan lahan dari kedua alternatif perencanaan.

#### **7. Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) berdasarkan DED dan RAB (Rencana Anggaran Biaya)**

Dari gambar detail yang telah dibuat, kemudian dilakukan perhitungan BOQ dan RAB yang selanjutnya dianalisa. Analisa berkaitan dengan jumlah masing-masing volume pekerjaan dari dua alternative serta biaya yang diperlukan untuk pembangunan IPAL masing-masing alternative.

#### **3.2.5. Kesimpulan**

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan perencanaan.

Kesimpulan tersebut meliputi :

1. Desain instalasi pengolahan air limbah yang sesuai dengan karakteristik limbah non-medis rumah sakit kelas B.
2. Rencana anggaran biaya masing-masing unit IPAL.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis Pengolahan Data

#### 4.1.1.1. Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah yang diperoleh pada perencanaan rumah sakit ini adalah sebesar 90 m<sup>3</sup>/hari selanjutnya dilakukan konversi pada debit yang didapatkan untuk memperoleh satuan dalam m<sup>3</sup>/detik dan L/detik.

- Debit rata-rata air limbah (m<sup>3</sup>/detik)  $= \frac{90 \text{ m}^3}{\text{hari}} \times \frac{\text{hari}}{86400 \text{ detik}}$   
= 0,00104 m<sup>3</sup>/detik
- Debit rata-rata air limbah (L/detik)  $= \frac{0,00104 \text{ m}^3}{\text{detik}} \times \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3}$   
= 1,04 L/detik

Untuk perhitungan debit puncak diasumsikan 2 kali debit rata-rata dengan perhitungan seperti dibawah ini.

- Debit puncak (L/detik) = 1,04 L/detik x 2  
= 2,04 L/detik

#### 4.1.1. Karakteristik Air Limbah

Limbah cair yang diambil untuk dianalisis di laboratorium diambil langsung dari *effluent* saluran pembuangan air limbah. Sampel dari limbah cair kemudian dibawa ke laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan dijurusan Teknik Lingkungan untuk diuji karakteristik dari limbah cair non medis rumah sakit kelas B. hasil dari uji laboratorim dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah**

Parameter	Satuan	Baku Mutu *)	Hasil
Temperature	°C	30	25
pH	-	6-9	7,4
BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	62
COD	mg/L O <sub>2</sub>	80	108
TSS	mg/L	30	106
NH <sub>3</sub> -N	mg/L NH <sub>3</sub> -N	0,1	39,78
PO <sub>4</sub> -P	mg/L PO <sub>4</sub> -P	2	3,08
Total koliform	MPN/100 mL	10.000	14 x 10 <sup>8</sup>
Minyak dan	mg/L	-	10

lemak			
-------	--	--	--

\*) Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Sumber : Hasil Analisis (2017)

Hasil uji laboratorium tersebut menunjukkan bahwa dari 8 parameter, yang memenuhi baku mutu hanyalah temperature dan pH. Sedangkan untuk sisanya masih belum memenuhi baku mutu. Dari data yang didapat, rasio BOD/COD sebesar 0,57. Rasio BOD/COD yang lebih dari 0,5 dijadikan tolak ukur bahwa limbah tersebut dapat diolah dengan menggunakan proses biologis.

#### 4.2. Alternatif Unit IPAL

Pada tugas akhir ini dipilih dua alternatif unit IPAL yang akan dibandingkan kelebihan dan kekurangannya meliputi efisiensi penyisihan, luas lahan, volume dan rencana anggaran biaya (RAB). Alternatif unit IPAL sebagai berikut:

Alternatif IPAL 1:



**Gambar 4. 1 Skema Alternatif 1**

Kelebihan dari ABR antara lain:

- Konstruksi reaktor murah dan sederhana
- Tidak memerlukan lahan yang besar
- Reaksi *clogging* kecil
- Lumpur yang dihasilkan sedikit

Sedangkan untuk kekurangan dari ABR antara lain:

- Kurang dalam mempertahankan kecepatan *upflow* gas dan lumpur

Alternatif IPAL 2:



**Gambar 4. 2 Skema Alternatif 2**

Kelebihan dari AF ini antara lain :

- Lumpur yang dihasilkan sedikit
- Energy yang dibutuhkan rendah
- Bisa dibangun dengan disesuaikan dengan kebutuhan lahan

Sedangkan untuk kekurangan dari AF ini adalah:

- Hanya sesuai untuk pengolahan limbah dengan konsentrasi ss rendah
- Memerlukan feeding air limbah yang konstan
- Penyisihan nutrient yang rendah

### 4.3. Perhitungan Detail Engineering Design (DED)

#### 4.4.1. DED Bak Ekualisasi

Untuk menghitung dimensi dari bak ekualisasi ini dibutuhkan data fluktuasi dari debit air limbah yang masuk ke dalam bak ekualisasi. Namun, dalam perencanaan ini tidak dapat dilakukan karena terkendala dengan perikinan sehingga presentase debit per jam diperoleh melalui komparasi data debit rumah sakit dengan kelas dan jam operasional yang sama. Data fluktuasi debit air limbah disajikan pada Tabel dibawah ini.

##### Direncanakan

$$\begin{aligned} Q_{\text{average}} &= 90 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Presentase pengaliran air per jam} &= Q_{\text{average}} \times 24 \text{ hari/jam} \\ &= 3,75 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Data lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

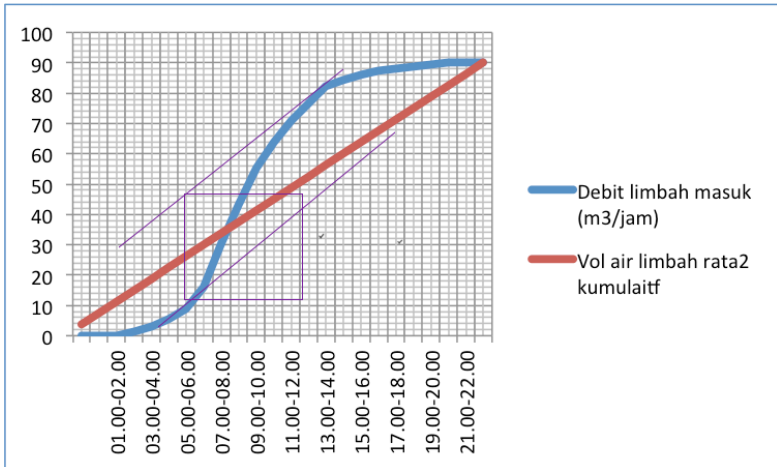
**Tabel 4. 2 Data Fluktuasi Debit Rumah Sakit**

Jam	Debit limbah masuk (m <sup>3</sup> /jam)	Vol air limbah kumulatif tiap jam (m <sup>3</sup> )	Vol air limbah rata2 tiap jam (m <sup>3</sup> )	Vol air limbah rata2 kumulatif (m <sup>3</sup> )
00.00-01.00	0.07	0.07	3.75	3.75

01.00-02.00	0.11	0.18	3.75	7.5
02.00-03.00	0.12	0.3	3.75	11.25
03.00-04.00	1.43	1.7	3.75	15
04.00-05.00	2.00	3.7	3.75	18.75
05.00-06.00	2.14	5.9	3.75	22.5
06.00-07.00	3.57	9.4	3.75	26.25
07.00-08.00	7.14	16.6	3.75	30
08.00-09.00	14.28	30.9	3.75	33.75
09.00-10.00	12.85	43.7	3.75	37.5
10.00-11.00	12.14	55.9	3.75	41.25
11.00-12.00	8.57	64.4	3.75	45
12.00-13.00	7.14	71.6	3.75	48.75
13.00-14.00	5.71	77.3	3.75	52.5
14.00-15.00	5.36	82.6	3.75	56.25
15.00-16.00	2.14	84.8	3.75	60
16.00-17.00	1.79	86.6	3.75	63.75
17.00-18.00	1.20	87.8	3.75	67.5
18.00-19.00	1.00	88.8	3.75	71.25
19.00-20.00	0.70	89.5	3.75	75
20.00-21.00	0.21	89.7	3.75	78.75
21.00-22.00	0.21	89.9	3.75	82.5
22.00-23.00	0.11	90.0	3.75	86.25
23.00-24.00	0.07t	90.1	3.75	90
Rata-rata	3.75			

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan tabel diatas, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara waktu terhadap volume kumulatif. Garfik hubngan antara waktu terhadap volume kumulatif dapat dilihat pada Gambar dibawah.



**Gambar 4. 3 Grafik Penentuan Volume Bak Ekuaiisasi**

Volume bak ekualisasi direpresentasikan oleh garis tegak pada grafik. diperoleh volume bak ekualisasi :

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 42\text{m}^3 - 12\text{m}^3 \\ &= 30\text{m}^3\end{aligned}$$

Direncanakan kedalaman bak ekualisasi 2 m.

$$\begin{aligned}\text{As} &= \text{V/H} \\ &= 30\text{m}^3 / 2\text{m} \\ &= 15\text{m}^2\end{aligned}$$

Ditentukan rasio  $p : l = 2 : 1$

A	=	panjang x lebar
15	=	2lebar x lebar
15	=	2lebar <sup>2</sup>
Lebar	=	2,7 m
Panjang	=	5,5 m

$$\begin{aligned}\text{Freeboard} &= 0,3\text{ m} \\ \text{H total} &= 2,3\text{ m} \\ \text{Cek td} &= (p \times l \times h) / Q \\ &= 7,9\text{ jam}\end{aligned}$$

Perhitungan pipa influen:

Kecepatan air di pipa (v) = 0,6 m/s  
Q = 0,00204 m<sup>3</sup>/detik  
- Luas penampang basah (A) = Q / v  
= 0,00204 m<sup>3</sup>/s / 0,6 m/s  
= 0,0034 m<sup>2</sup>

- Diameter pipa (D)  
A =  $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$   
0,0034 =  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
D = 0,066 m  
= 66 mm  
Diameter aplikasi = 76 mm

- Cek v  
V =  $Q / (\frac{1}{4} \times \pi \times D^2)$   
= 0,00204 m<sup>3</sup>/detik / ( $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,076^2$ )  
= 0,6 m/s

Perhitungan pipa efluen:

Kecepatan air di pipa (v) = 0,6 m/s  
Q = 0,00204 m<sup>3</sup>/detik  
- Luas penampang basah (A) = Q / v  
= 0,00204 m<sup>3</sup>/s / 0,6 m/s  
= 0,0034 m<sup>2</sup>

- Diameter pipa (D)  
A =  $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$   
0,0034 =  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
D = 0,066 m  
= 66 mm  
Diameter aplikasi = 76 mm

- Cek v  
V =  $Q / (\frac{1}{4} \times \pi \times D^2)$   
= 0,00204 m<sup>3</sup>/detik / ( $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,076^2$ )  
= 0,6 m/s



Setelah mengetahui dimensi bak ekualisasi kemudian dilakukan perhitungan pompa untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Menurut Rosidi (2016), ada 2 hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa, antara lain :

- Kecepatan aliran dalam pipa <2 m/detik untuk mencegah penggerusan dalam pipa.
- Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* untuk air limbah.

Dalam perencanaan ini direncanakan terdapat 2 pompa dimana 1 pompa untuk cadangan. Untuk perhitungan pompa dapat dilihat dibawah ini.

#### Perhitungan Pompa

##### Direncanakan :

Kecepatan air di pipa = 0,6 m/s

Debit air limbah (Q) = 0,00104 m<sup>3</sup>/detik

L<sub>suction</sub> = 0 m

L<sub>discharge</sub> = 3,3 m

##### Perhitungan:

Luas penampang basah (A) =  $Q / v$   
 = 0,00104 m<sup>3</sup>/s / 0,6 m/s  
 = 0,00173 m<sup>2</sup>

Diameter pipa (D)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$0,00173 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$D = 0,045 \text{ m}$$

= 45 mm

Diameter aplikasi

= 48 mm

Head pompa

= Hstatik + Hf mayor + Hf minor  
 + hv

Hstatik = 1 m

Hfdischarge = Hf mayor

$$= \left( \frac{Q}{0,00155 \times c \times d^{2.63}} \right)^{1,85} \times L$$

$$\begin{aligned}
&= \left( \frac{1,04}{0,00155 \times 120 \times 4,8^{2,63}} \right)^{1,85} \times 3,3 \\
&= 0,038 \text{ m} \\
\text{Hf suction} &= 0 \text{ m} \\
\text{Hf minor} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
\text{Hf minor Tee (K = 0,9)} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,9 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0165 \text{ m} \\
\text{Hf minor Bend } 90^\circ (k=0,5) &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,5 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0091 \text{ m} \\
\text{Hf minor check valve (k = 0,25)} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,25 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0045 \text{ m} \\
\text{Hf minor gate valve (k = 0,19)} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,19 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0034 \text{ m} \\
\text{Hf jatuhan} &= \left( \frac{v \times n}{1 \times R^{\frac{2}{3}}} \right) \times L \\
&= \left( \frac{0,6 \times 0,015}{1 \times 0,038^{\frac{2}{3}}} \right) \times 1 \\
&= 0,079 \text{ m} \\
\text{Head pompa} &= H_s + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} \\
&= 1 + 0,008 + \\
&\quad (0,0165 + 0,0091 + 0,0045 + 0,0034 + 0,079) \\
&= 1,063 \text{ m}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan head pompa yang diperlukan adalah 1,063 m. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* air limbah dengan kode SEG.A15.20.R1.2.1.603 dari produsen pompa *Grundfoss*.

#### 4.4.2. DED Anaerobic baffle reactor

Alternatif pertama pada perencanaan ini adalah menggunakan ABR. Pada ABR, direncanakan terdapat tangki septik yang diintegrasikan dengan *anaerobic baffle reactor*. Unit ini berfungsi sebagai pengolahan awal untuk mengurangi kadar BOD, COD dan TSS pada air limbah. Bangunan tangki septik ini menjadi satu dengan bangunan ABR. Perhitungan dimensi unit tersebut dapat dilihat dibawah.

##### • Tangki Septik

###### Diketahui

Debit	= 90 m <sup>3</sup> /hari
BOD in	= 62 mg/L
COD in	= 108 mg/L
TSS in	= 106 mg/L

###### Direncanakan

Waktu pengurasan	= 6 bulan
HRT tangki septik	= 2 jam
Rasio SS/COD	= 0.42 m <sup>3</sup> /hari

###### Perhitungan %

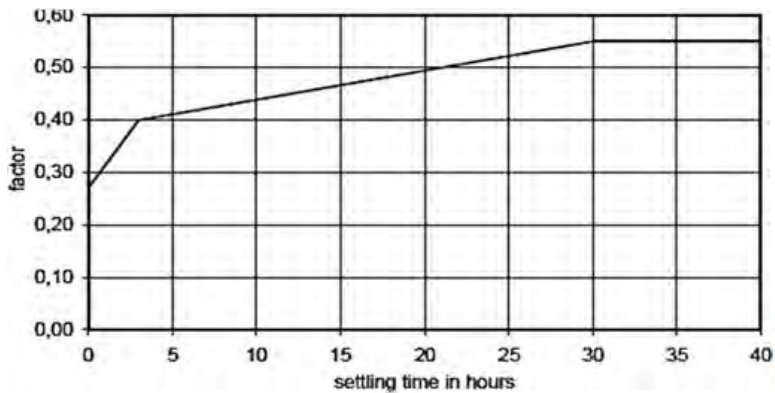
###### removal

Q per jam	= Q / waktu pengaliran
	= 90 m <sup>3</sup> /hari / 24 jam/hari
	= 3,75 m <sup>3</sup> /jam

Rasio COD/BOD	=	CODin / BOD in
	=	108 mg/L / 62 mg/L
	=	1.741935484

% COD rem	= rasio SS/COD / 0.6*f.HRT
-----------	----------------------------

Faktor HRT ditentukan berdasarkan grafik "COD Removal Settler" dapat dilihat pada Gambar 4.4

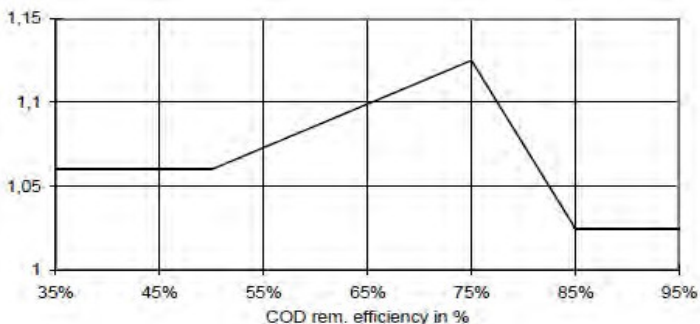


**Gambar 4. 4 Grafik Faktor HRT**

Sumber : Sasse (2009)

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor HRT} &= (HRT-1) \cdot (0.1/2) + 0.3 \\
 &= (2-1) \cdot (0.1/2) + 0.3 \\
 &= 0.35 \\
 \% \text{ COD rem} &= \text{rasio SS/COD} / 0.6 \cdot f \cdot HRT \\
 &= 0.42 / 0.6 \cdot 0.35 \\
 &= 24.50\%
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan % BOD removal, ditentukan terlebih dahulu rasio BODrem/CODrem yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



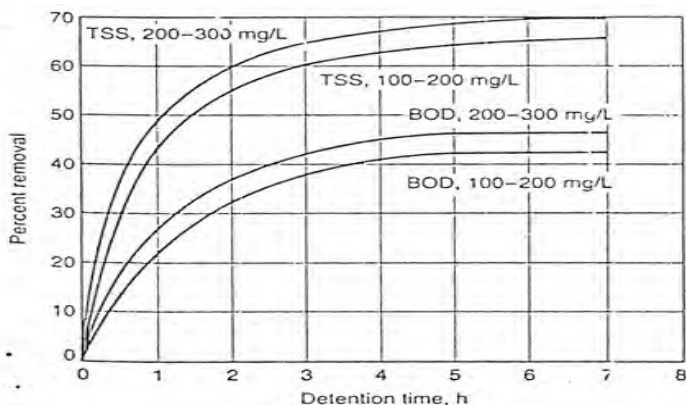
**Gambar 4. 5 Grafik Rasio BODrem/CODrem**

Sumber: Sasse (2009)

Berdasarkan grafik di atas % COD *removal* tangki septic adalah 24,5%. Sehingga didapatkan rasio % BODrem/CODrem adalah 1,06.

$$\begin{aligned}\% \text{BOD rem} &= \text{rasio BODrem/CODrem} * \% \text{COD} \\ &= 1,06 * 24.5\% \\ &= 26\%\end{aligned}$$

Untuk menentukan % TSS *removal* dapat dilihat pada Gambar 4.6



**Gambar 4. 6 Grafik % TSS Removal**

Sumber: Sasse (2009)

HRT tangki septic adalah 2 jam pada 106 mg/L. Berdasarkan grafik diatas, didapatkan % TSS removal adalah 55%

$$\begin{aligned}\% \text{TSS removal} &= 55\% \\ \text{BODrem} &= \text{BODin} * \% \text{BODrem} \\ &= 62 \text{ mg/L} * 26\% \\ &= 16 \text{ mg/L} \\ \text{CODrem} &= \text{CODin} * \% \text{CODrem} \\ &= 108 \text{ mg/L} * 24.5\% \\ &= 26.46 \text{ mg/L} \\ \text{TSSrem} &= \text{TSSin} * \% \text{TSSrem} \\ &= 106 \text{ mg/L} * 55\% \\ &= 58.3 \text{ mg/L} \\ \text{BOD eff} &= \text{BODin}^{**} (1 - \text{BODrem})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 62 \text{ mg/L} \cdot (1-26\%) \\
 &= 45.9 \text{ mg/L} \\
 \text{CODeff} &= \text{CODin} \cdot (1-\text{CODrem}) \\
 &= 108 \cdot (1-24.5\%) \\
 &= 81.54 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \cdot (1-\text{TSSrem}) \\
 &= 106 \text{ mg/L} \cdot (1-55\%) \\
 &= 47.7 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan Dimensi

##### Direncanakan:

Jumlah kompartemen = 2 buah

Lebar dalam = 3 m

H air di inlet = 1,5 m

##### Perhitungan

Akumulasi lumpur  $(1 - \text{waktu pengurasan}) \times 0,014$

$= 0,005 \times (1 - \text{waktu pengurasan}) \times 0,014$

$= 0,005 \times ((1 - 6 \times 0,014))$

$= 0,00458 \text{ L/kg BODrem}$

Volume (termasuk lumpur)

$= \text{Akumulasi lumpur} \times (\text{BODin} - \text{BODeff}) / 1000 \times Q \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ bulan} + (\text{HRT} \times Q \text{ per jam})$

$= (0,00458 \text{ L/kg BODrem} \times (62 - 35,9) \text{ mg/L} / 1000 \times 90 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \times 6 \text{ bulan}) + (2 \text{ jam} \times 3,75 \text{ m}^3/\text{jam})$

$= 9 \text{ m}^3$

Panjang tangki septik pertama:

$= 2/3 \times V \text{ tangki septik} / \text{Lebar tangki septik} / \text{H air di inlet}$

$= 2/3 \times 9 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} / 1.5 \text{ m}$

$= 2,2 \text{ m}$

Panjang tangki septik kedua:

$= \text{panjang tangki septik pertama} / 2$

$= 2,2 \text{ m} / 2$

$= 1,1 \text{ m}$

Volume tangki septik

$= (\text{panjang tangki septik pertama} + \text{kedua}) \times \text{H air} \times \text{lebar tangki septik}$

$= (2,2 \text{ m} + 1,1 \text{ m}) \times 1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$

$= 15 \text{ m}^3$

Perhitungan lumpur:

Volume lumpur selama 6 bulan =  $1,44 \text{ m}^3 / 6 \text{ bulan}$

Volume lumpur per hari =  $1,44 \text{ m}^3 / 6 \text{ bulan} \times 6 \text{ bulan} / 365 \text{ hari}$   
=  $0,023 \text{ m}^3 / \text{hari}$

Perhitungan Biogas

Produksi gas =  $(\text{CODin} - \text{BODeff}) \times Q_{\text{in}} \times 0,35 / 1000 / 0,7 / 0,5$   
=  $(108 - 45,9) \text{ mg/l} \times 90 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 0,35 / 1000 / 0,7 / 0,5$   
=  $5,58 \text{ m}^3 / \text{hari}$

Cek Periode Pengurasan:

- vol. lumpur 6 bulan =  $0,023 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 180 \text{ hari}$   
=  $4,14 \text{ m}^3$

- vol. tangki septik =  $2,2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$   
=  $9,9 \text{ m}^3$

Perhitungan pipa influen:

Kecepatan air di pipa (v) =  $0,6 \text{ m/s}$

Q =  $0,00104 \text{ m}^3 / \text{detik}$

- Luas penampang basah (A) =  $Q / v$   
=  $0,00104 \text{ m}^3 / \text{s} / 0,6 \text{ m/s}$   
=  $0,00173 \text{ m}^2$

- Diameter pipa (D)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$0,00173 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$D = 0,046 \text{ m}$$

$$= 48 \text{ mm}$$

Diameter aplikasi =  $48 \text{ mm}$

- Cek v

$$V = Q / \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)$$

$$= 0,00104 \text{ m}^3 / \text{detik} / \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,048^2 \right)$$

$$= 0,57 \text{ m/s}$$

$$= 0,6 \text{ m/s}$$

• **ABR**

Direncanakan:

Jumlah kompartemen =  $4 \text{ kompartemen}$

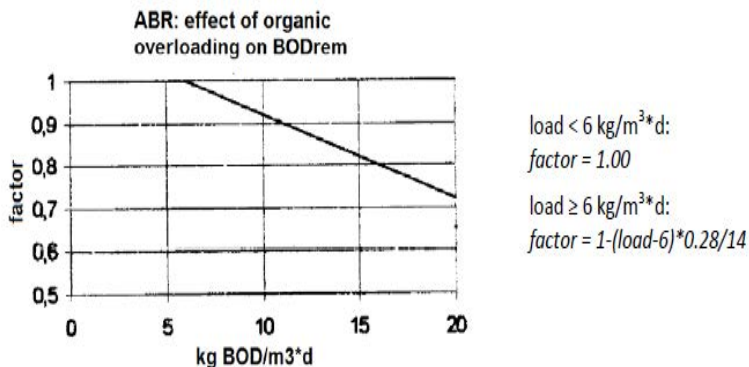
Q ave	= 0,00104 m <sup>3</sup> /detik
Debit per unit	= Qave/jumlah unit
	= 0,00104 m <sup>3</sup> /detik / 1 buah
	= 0,00104 m <sup>3</sup> /detik
Kecepatan <i>upflow</i>	= 1 m/jam
	( <b>≤1,1 m/jam</b> )
OLR	= <3 kgBOD/m <sup>3</sup> .hari
H air	= 1,5 m
<u>Perhitungan dimensi:</u>	
Panjang komp	= H air x 0,5
	= 1,5 m x 0,5
	= 0,8 m
Asurface	= debit / kecepatan upflow
	= 3,7 m <sup>3</sup> /jam / 1 m/jam
	= 3,7 m <sup>2</sup>
Lebar komp	= Asurface / panjang
	= 3,7 m <sup>2</sup> / 0,8 m
	= 4 m
Volume ABR	= panjang ABR x n.komp x h x lebar ABR
	= 0,8 m x 4 m x 1,5 m x 4 m
	= 16,8 m <sup>3</sup>
Cek kecepatan upflow	= Q/(PxL)
	= 0,00104 m <sup>3</sup> /detik / (1 m x 4 m)
	= 0,9 m/jam ( <b>OK</b> ) ( <b>≤1,1 m/jam</b> )

Kemudian menghitung efesiensi removal ABR berdasarkan grafik ABR.

TSS	= 47,7 mg/l
COD	= 81,54 mg/l
BOD	= 45,9 mg/l

Grafik ABR of *organic overloading on BODrem* dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

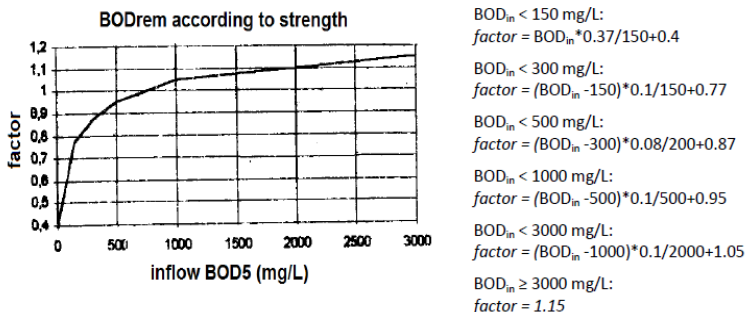




**Gambar 4. 7 Faktor Penyisihan BOD terhadap Organic Loading pada ABR**  
Sumber : Sasse, 2009

Dari grafik diatas, didapatkan f-BOD Overloading adalah 1 (a)

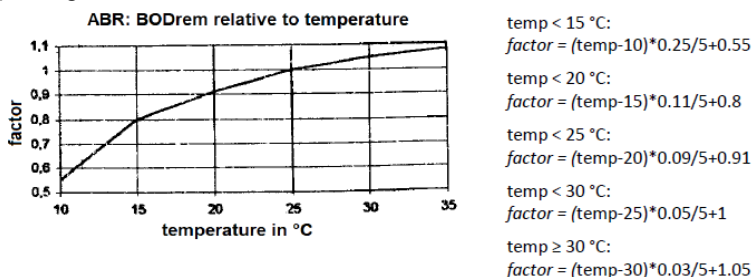
Grafik factor penyisihan BOD terhadap konsentrasi BOD pada ABR rencana dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



**Gambar 4. 8 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Konsentrasi BOD pada ABR**  
Sumber : Sasse, 2009

Dari grafik diatas, didapatkan f-Inflow BOD5 adalah 0,5 (b)

Grafik factor penyisihan BOD terhadap temperature dapat dilihat pada gambar dibawah.

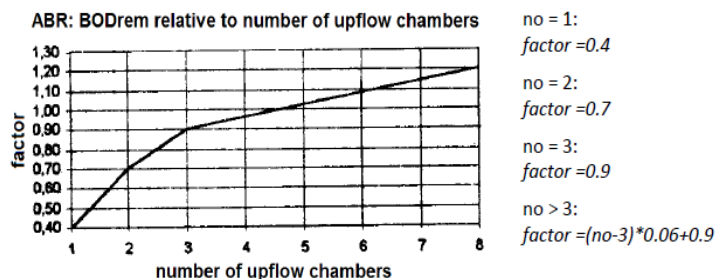


**Gambar 4. 9 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Temperatur**

Sumber: Sasse (2009)

Dari grafik diatas, didapatkan f-suhu adalah 1 (c)

Grafik factor penyisihan BOD terhadap jumlah kompartemen pada ABR dapat dilihat pada grafik dibawah.

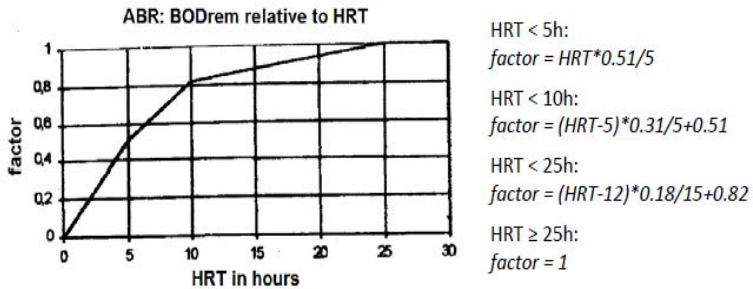


**Gambar 4. 10 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap Jumlah Kompartemen**

Sumber : Sasse, 2009

Dari grafik diatas, didapatkan f-jumlah kompartemen adalah 0,96 (d)

Grafik factor penyisihan BOD terhadap HRT pada Abr dapat dilihat pada grafik dibawah.



**Gambar 4. 11 Grafik Faktor Penyisihan BOD terhadap HRT**

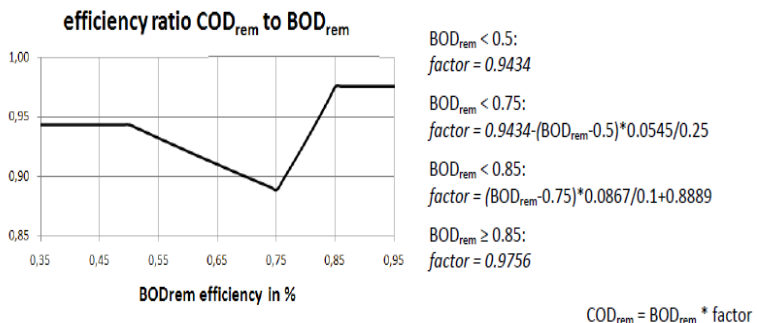
Sumber : Sasse, 2009

Dari grafik diatas, didapatkan f-HRT adalah 0,84.(e)

Kemudian, dihitung removal BOD dengan perhitungan :

$$\begin{aligned} \% \text{ rem BOD} &= a \times b \times c \times d \times e \\ &= 40\% \end{aligned}$$

Setelah mengetahui dihitung removal COD dengan grafik factor penyisihan COD berdasarkan penyisihan BOD dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



**Gambar 4. 12 Grafik Penyisihan COD berdasarkan Penyisihan BOD**

Sumber: Sasse, 2009

$$\%COD = BOD * fCOD$$

$$= 40\% \times 0,945$$

$$= 37\%$$

Selanjutnya menentukan removal TSS. Menurut Tchobanoglous (2004), penyisihan TSS yang berhubungan dengan waktu tinggal atau HRT dapat ditentukan dengan rumus:

$$\% R = \frac{\theta_H}{a + b \theta_H}$$

dimana: a = 0,0075  
 b = 0,014  
 $\theta_H$  = waktu detensi, HRT  
 %R = persentase penyisihan

Sehingga dapat ditentukan TSS dari unit *anaerobic baffle reactor*:

$$\% R = \frac{12}{0,0075 + (0,014 \times 12)}$$

$$= 65\%$$

Setelah didapatkan efesiensi removalnya, kemudian dihitung kualitas effluen ABR.

$$\begin{aligned} \text{BODrem} &= \text{BODin} \times \% \text{BODrem} \\ &= 45.9 \text{ mg/L} \times 40\% \\ &= 18,36 \text{ mg/L} \\ \text{CODrem} &= \text{CODin} \times \% \text{CODrem} \\ &= 81,54 \text{ mg/L} \times 37\% \\ &= 30,16 \text{ mg/L} \\ \text{TSSrem} &= \text{TSSin} \times \% \text{TSSrem} \\ &= 47,7 \text{ mg/L} \times 65\% \\ &= 31.005 \text{ mg/L} \\ \text{BOD eff} &= \text{BODin} \times (1 - \text{BODrem}) \\ &= 45.9 \text{ mg/L} \times (100\% - 40\%) \\ &= 27,54 \text{ mg/L} \\ \text{CODeff} &= \text{CODin} \times (1 - \text{CODrem}) \\ &= 81.54 \times (100\% - 37\%) \\ &= 51,37 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \cdot (1 - \text{TSSrem}) \\
 &= 47.7 \text{ mg/L} \cdot (1 - 65\%) \\
 &= 16.695 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

#### ➤ Kebutuhan Nutrien

Kebutuhan nutrient diperlukan untuk mengetahui apakah kualitas air limbah dapat mendukung penggunaan proses pengolahan air limbah domestik secara biologis dengan mengetahui konsentrasi N dan P. Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan nutrient:

##### Direncanakan:

Qave	= 90 m <sup>3</sup> /hari
OLR	= < 3 kg BOD/m <sup>3</sup> .hari
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,85
MLSS	= 2.000 mg/L
Y	= 0,6 mg VSS/mg BOD
Kd	= 0,08 vss/g vss.hari
SRT	= 20 hari
So	= 45,9 mg/L
Se	= 29,4 mg/L
S So	= 47,7 mg/L
S Se	= 16,7 mg/L

##### Perhitungan:

Yobs	$= Y / (1 + K_d \cdot \text{SRT})$ $= 0,6 / (1 + 0,08 \times 20)$ $= 0,23$
Px bio (Px MLVSS)	$= Y_{\text{obs}} \times Q_{\text{ave}} \times (S_o - S_e)$ $= [0,23 \times 89856 \text{ L/hari} \times (45,9 - 29,4)] / 10^6$ $= 0,34 \text{ kg/hari}$
Volume bangunan	= 45,9 m <sup>3</sup>
Cek OLR	$= (Q_{\text{ave}} \times \text{BOD}_{\text{in}}) / \text{vol. bangunan}$ $= (89856 \text{ L/hari} \times 45,9 \text{ mg/L}) / 45,9 \text{ m}^3 / 10^6$ $= 0,089 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$
TSS removed	= (S So – S se) x Q ave

$$\begin{aligned}
 &= 2,8 \text{ kg/hari} \\
 \text{Px TSS (Px MLSS)} &= (X \text{ TSS} \times \text{vol. bangunan}) / \text{SRT} \\
 &= ((2000 \text{ mg/L} \times 45900 \text{ L}) / 20 \text{ hari}) / 10^6 \\
 &= 4,59 \text{ kg/hari} \\
 \text{Px SS (sludge dibuang)} &= \text{Px TSS} + \text{TSS removed} \\
 &= 4,59 \text{ kg/hari} + 2,9 \text{ kg/hari} \\
 &= 7,49 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol F/M} \\
 \text{MLVSS} &= \text{rasio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS} \\
 &= (0,85 \times 2000 \text{ mg/L}) / 1000 \\
 &= 1,7 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Cek F/M} &= (Q_{\text{ave}} \times S_o \text{ (BOD)}) / (\text{vol. bangunan} \times \text{MLVSS}) \\
 &= (90 \text{ m}^3/\text{hari} \times 45,9/1000) \text{ kg/m}^3 / (45,9 \text{ m}^3 \times 1,7 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 0,05 \text{ kg BOD/kg MLVSS.hari}
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Nutrien} \\
 \text{Nitrogen} &= \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N} \\
 &= 13 \\
 \text{Kebutuhan N} &= ((\text{Ar N} / \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times \text{Px bio}) \\
 &= 12\% \times 0,34 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,04 \text{ kg/hari} \\
 \text{N input} &= Q_{\text{ave}} \times (\text{No}) \\
 &= 90 \text{ m}^3/\text{hari} \times (39,78 / 1000) \text{ kg/m}^3 \\
 &= 3,58 \text{ kg/hari} \\
 \text{Sisa N} &= \text{N input} - \text{kebutuhan N} \\
 &= 3,58 \text{ kg/hari} - 0,04 \text{ kg/hari} \\
 &= 3,54 \text{ kg/hari} \\
 \text{Konsentrasi N effluen} &= \text{Sisa N} / Q_{\text{ave}} \\
 &= (3,54 \text{ kg/hari} / 90 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 1000 \\
 &= 39,3 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 \text{Phospat} \\
 \text{C : N: P} &= 250 : 5 : 1 \text{ (Putri, et ,al, 2013)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan P} &= 1/5 \times 12\% \times P_{\text{bio}} \\
&= 1/5 \times 12\% \times 0,34 \text{ kg/hari} \\
&= 0,008 \text{ kg/hari} \\
\text{Sisa P} &= P_o \times Q_{\text{ave}} - \text{kebutuhan P} \\
&= (3,08 / 1000) \text{ kg/m}^3 \times 90 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,008 \text{ kg/hari} \\
&= 0,26 \text{ kg/hari} \\
\text{konsentrasi P effluen} &= \text{Sisa P} / Q_{\text{ave}} \\
&= 0,26 \text{ kg/hari} / 90 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,0028 \text{ kg/m}^3 \\
&= 2,8 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

➤ Produksi lumpur

$$\text{Synthesis yield in anaerob (Y)} = 0,06 \text{ g VSS/g COD}$$

$$\text{Massa COD tersisihkan} = 2,49 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa COD}_{\text{VSS}} &= 1,42 \times Y \times \text{Massa COD tersisihkan} \\
&= 1,42 \times 0,06 \text{ gVSS/gCOD} \times 2,49 \text{ kg/hari} \\
&= 0,21 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa COD}_{\text{TSS}} &= \text{Massa COD}_{\text{VSS}} / 0,85 \\
&= 0,21 \text{ kg/hari} / 0,85 \\
&= 0,25 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\text{Spesific gravity (Sg)} = 1,025$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{solid} = 5\%$$

$$\begin{aligned}
\text{Debit lumpur} &= \text{Massa COD}_{\text{TSS}} / (\text{Sg} \times \rho_{\text{air}} \times 5\%) \\
&= 0,25 \text{ kg/hari} / (1,025 \times 1000 \times 5\%) \\
&= 0,005 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Waktu pengurasan direncanakan 6 bulan atau 2 kali setaun. Saat waktu pengurasan, lumpur yang terkumpul akan dikuras secara bergantian agar waktu *start-up* tidak lama dengan cara disedot dengan truk sedot lumpur melalui manhole. Kemudian, lumpur yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) untuk diolah lebih lanjut.

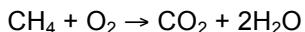
Perhitungan Biogas

$$\text{Massa COD tersisihkan} = 2,49 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa COD}_{\text{VSS}} = 0,21 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD metana} &= \text{Massa COD tersisikan} - \text{Massa COD}_{\text{VSS}} \\ &= 2,49 \text{ kg/hari} - 0,21 \text{ kg/hari} \\ &= 2,28 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Berikut ini adalah persamaan reaksi kimia COD metana:



Jumlah COD per mol metana adalah,

$$2 (32 \text{ g O}_2 / \text{mol}) = 64 \text{ g O}_2 / \text{mol CH}_4$$

$$\text{Suhu (T)} = 25^\circ \text{C} = 298^\circ \text{K}$$

$$\text{Konstanta gas (R)} = 0,082057$$

$$\text{Mol gas (n)} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{Tekanan gas (P)} = 1 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume gas (V}_{\text{gas}}) &= n \times R \times T / P \\ &= 1 \times 0,082057 \times 298 / 1 \\ &= 24,45 \text{ L/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi CH}_4 &= (\text{V}_{\text{gas}} / 64 \text{ gCOD/molCH}_4) \times \text{COD metan} \\ &= (24,45 \text{ L/mol} / 64 \text{ gCOD/molCH}_4) \times 2,28 \text{ kg/hari} \\ &= 0,87 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Diasumsikan sebesar 70% COD yang tersisihkan menjadi gas metan dan 50% dari gas metan tersebut larut dalam air (Sasse, 2009).

$$\begin{aligned}\text{Produksi biogas} &= \text{produksi CH}_4 / 0,7 \times 0,5 \\ &= 0,87 \text{ m}^3/\text{hari} / 0,7 \times 0,5 \\ &= 0,62 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Pada unit ini, disediakan pipa vent setempat dimana berfungsi untuk menangkap gas yang dihasilkan. Unit ini terletak agak jauh dari pusat kegiatan yaitu di luar gedung rumah sakit dan dikelilingi oleh pepohonan. Sehingga, tidak mengganggu pasien dan aktivitas manusia.

Perhitungan pipa efluen:

$$\text{Kecepatan air di pipa (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned}\text{- Luas penampang basah (A)} &= Q / v \\ &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{s} / 0,6 \text{ m/s} \\ &= 0,00173 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Diameter pipa (D)} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
0,00173 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\
D &= 0,046 \text{ m} \\
&= 48 \text{ mm} \\
\text{Diameter aplikasi} &= 48 \text{ mm} \\
- \text{ Cek } v & \\
V &= Q / \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\
&= 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik} / \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,048^2 \right) \\
&= 0,57 \text{ m/s} \\
&= 0,6 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

#### 4.4.3. DED Biofilter Anaerob

Pada perencanaan ini, terdapat tangki septik yang diintegrasikan dengan *anaerobic biofilter*. Unit ini berfungsi sebagai pengolahan awal untuk mengurangi kadar BOD, COD dan TSS pada air limbah. Bangunan tangki septik ini menjadi satu dengan bangunan *anaerobic biofilter*. Perhitungan dimensi unit *anaerobic biofilter* dapat dilihat dibawah.

##### • Tangki Septik

###### Diketahui

Debit	= 90 m <sup>3</sup> /hari
BOD in	= 62 mg/L
COD in	= 108 mg/L
TSS in	= 106 mg/L

###### Direncanakan

Waktu pengurasan	= 24 bulan
HRT tangki septik	= 2 jam
Rasio SS/COD	= 0.42 m <sup>3</sup> /hari

###### **Perhitungan % removal**

Q per jam	= Q / waktu pengaliran
	= 90 m <sup>3</sup> /hari / 24 jam/hari
	= 3,75 m <sup>3</sup> /jam
Rasio COD/BOD	= CODin / BOD in
	= 108 mg/L / 62 mg/L
	= 1.741935484
% COD rem	= rasio SS/COD / 0.6*f.HRT

Faktor HRT ditentukan berdasarkan grafik “COD *Removal Settler*” dapat dilihat pada Gambar 4.4. Sehingga, didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor HRT} &= (HRT-1)*(0.1/2)+0.3 \\
 &= (2-1)*(0.1/2)+0.3 \\
 &= 0.35 \\
 \% \text{ COD rem} &= \text{rasio SS/COD} / 0.6 * f.HRT \\
 &= 0.42 / 0.6 * 0.35 \\
 &= 24.50\%
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan % BOD removal, ditentukan terlebih dahulu rasio BODrem/CODrem yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Berdasarkan Gambar 4.5 % COD *removal* tangki septic adalah 24,5%. Sehingga didapatkan rasio % BODrem/CODrem adalah 1,06.

$$\begin{aligned}
 \% \text{BOD rem} &= \text{rasio BODrem/CODrem} * \% \text{COD} \\
 &= 1,06 * 24.5\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan % TSS *removal* dapat dilihat pada Gambar 4.6

HRT tangki septic adalah 2 jam pada 106 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.6 didapatkan % TSS removal adalah 55%

$$\begin{aligned}
 \% \text{TSS removal} &= 55\% \\
 \text{BODrem} &= \text{BODin} * \% \text{BODrem} \\
 &= 62 \text{ mg/L} * 26\% \\
 &= 16 \text{ mg/L} \\
 \text{CODrem} &= \text{CODin} * \% \text{CODrem} \\
 &= 108 \text{ mg/L} * 24.5\% \\
 &= 26.46 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSrem} &= \text{TSSin} * \% \text{TSSrem} \\
 &= 106 \text{ mg/L} * 55\% \\
 &= 58.3 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD eff} &= \text{BODin} * (1 - \% \text{BODrem}) \\
 &= 62 \text{ mg/L} * (1 - 26\%) \\
 &= 45.9 \text{ mg/L} \\
 \text{CODeff} &= \text{CODin} * (1 - \% \text{CODrem})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 108 \cdot (1 - 24.5\%) \\
 &= 81.54 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \cdot (1 - \text{TSSrem}) \\
 &= 106 \text{ mg/L} \cdot (1 - 55\%) \\
 &= 47.7 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan Dimensi

##### Direncanakan:

Jumlah kompartemen = 2 buah

Lebar dalam = 3 m

H air di inlet = 1,5 m

##### Perhitungan

Akumulasi lumpur

$$= 0,005 \times (1 - \text{waktu pengurasan} \times 0,014)$$

$$= 0,005 \times ((1 - 24 \times 0,014)))$$

$$= 0,00332 \text{ L/kg BODrem}$$

Volume (termasuk lumpur)

$$= \text{Akumulasi lumpur} \times (\text{BODin} - \text{BODeff}) / 1000 \times Q \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ bulan} + (\text{HRT} \times Q \text{ per jam})$$

$$= (0,00332 \text{ L/kg BODrem} \times (62 - 35,9) \text{ mg/L} / 1000 \times 90 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ bulan}) + (2 \text{ jam} \times 3,75 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$= 15 \text{ m}^3$$

Panjang tangki septik pertama:

$$= 2/3 \times V \text{ tangki septik} / \text{Lebar tangki septik} / H \text{ air di inlet}$$

$$= 2/3 \times 15 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} / 1.5 \text{ m}$$

$$= 2,2 \text{ m}$$

Panjang tangki septik kedua:

$$= \text{panjang tangki septik pertama} / 2$$

$$= 2,2 \text{ m} / 2$$

$$= 1,1 \text{ m}$$

Volume tangki septik

$$= (\text{panjang tangki septik pertama} + \text{kedua}) \times H \text{ air} \times \text{lebar tangki septik}$$

$$= (2,2 \text{ m} + 1,1 \text{ m}) \times 1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 15 \text{ m}^3$$

##### Perhitungan lumpur:

$$\text{Volume lumpur selama 24 bulan} = 5,62 \text{ m}^3 / 24 \text{ bulan}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume lumpur per hari} &= 5,62 \text{ m}^3/24 \text{ bulan} \times 24 \text{ bulan} / 365 \text{ hari} \\ &= 0,015 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

#### Perhitungan Biogas

$$\begin{aligned}\text{Produksi gas} &= (\text{CODin}-\text{BODeff}) \times Q_{\text{in}} \times 0,35 / 1000 / 0,7 / 0,5 \\ &= (108-45,9)\text{mg/l} \times 90 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 / 1000 / 0,7 / 0,5 \\ &= 5,58 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

#### • **Anaerobic Biofilter**

##### Perhitungan Dimensi

##### Direncanakan:

$$\text{Kedalaman tangki filter} = 2,5 \text{ m (1,5 m – 2,5 m)}$$

$$\text{Panjang tangki filter} = 1,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tangki filter} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Voids pada filter mass} = 35\%$$

##### Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Tinggi filter} &= \text{H tangki filter} - \text{bawah freeboard} - 0,4 - 0,05 \\ &= 2 \text{ m} - 0,6 \text{ m} - 0,4 \text{ m} - 0,05 \text{ m} \\ &= 0,995 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{HRT pada AF} &= ((\text{kedalaman filter tank} - \text{tinggi filter} \times (1 - \text{voids filter})) \times \text{panjang tiap tangki} \times \text{lebar tangki filter} \times \text{n. filter}) / (Q/24) \\ &= ((2 - 0,995 \times (1 - 0,35)) \times 1,25 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 5) / 3,75 \text{ jam} \\ &= 15,56 \text{ jam} \text{ **OK (15-20 jam)}**\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan upflow} &= \text{debit jam puncak} / (\text{lebar tangki filter} \times \text{panjang tiap tangki} \times \text{voids}) \\ &= 3,75 \text{ m}^3/\text{jam} / (3 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}) \\ &= 1,87 \text{ m/jam} \text{ **(OK) (<2,0 m/jam)}**\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume AF} &= \text{panjang tangki} \times \text{lebar tangki} \times \text{n.tangki} \times \text{h (tangki filter} - \text{tinggi filter)} \times (1 - 0,35) \\ &= 1,25 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 5 \times (2,5 - 0,45) \text{ m} \times (1 - 0,35) \\ &= 24,18 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Organic loading rate} &: \text{CODin} \times Q_{\text{ave}} / 1000 / \text{Volume AF} \\ &= 81,54 \text{ mg/l} \times 90 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / 24,18 \text{ m}^3\end{aligned}$$

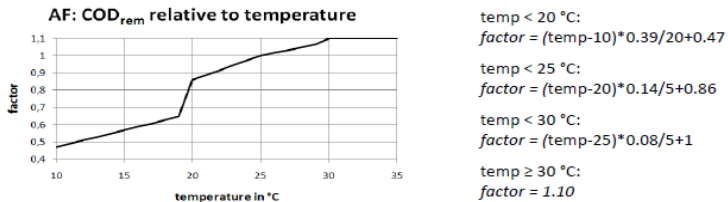
$$= 0,3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari (OK)} (<4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

Beberapa factor yang mempengaruhi %COD *removal* di dalam reactor Anaerobic Biofilter adalah factor temperature, factor COD *strength*, factor luas permukaan *filter* spesifik, dan factor HRT yang ditentukan berdasarkan grafik.

Direncanakan:

Suhu	=	25°	
Pengurasan lumpur	=	6	bulan
HRT anaerobic filter	=	18	jam
Luas Spesifik media	=	200	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Porositas rongga	=	0.98	

I. Faktor temperature dapat dilihat pada Gambar 4.16.

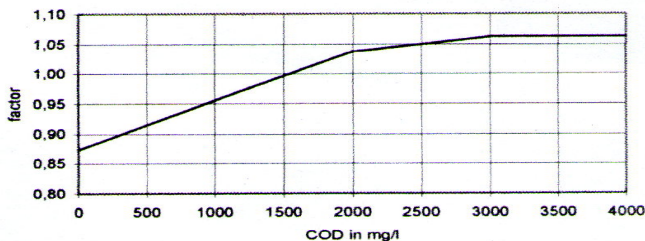


**Gambar 4. 13 Grafik Faktor Temperatur**

Sumber: Sasse (2009)

Pada perencanaan ini, direncanakan suhu ABF adalah 25 °C. Sehingga, didapatkan factor temperature sebesar 1.

II. Faktor COD *Strength* dapat dilihat pada Gambar 4.17



**Gambar 4. 14 Grafik Faktor COD Strength**

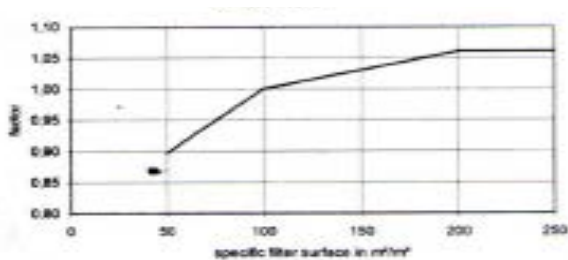
Sumber: Sasse (2009)

Pada perencanaan ini, *anaerobic biofilter* memiliki COD sebesar 81,54 mg/L. Dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} f\text{-CODstrength} &= \text{CODin} \times 0,17 / 2000 + 0,87 \\ &= 81,54 \text{ mf/L} \times 0,17 / 2000 + 0,87 \\ &= 0,87 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan factor COD *strength* sebesar 0,87.

### III. Faktor Luas Permukaan *Filter*

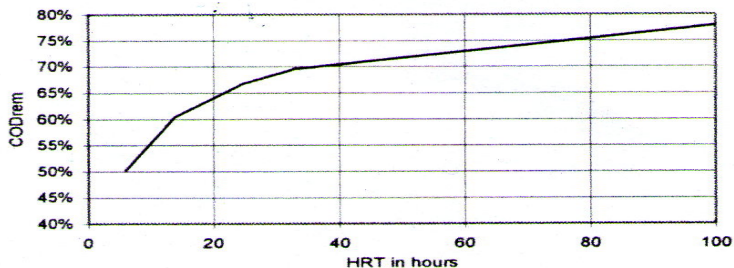


**Gambar 4. 15 Grafik faktor luas permukaan filter spesifik**

Sumber: Sasse (2009)

Pada perencanaan ini, direncanakan ABF memiliki luas permukaan *filter* spesifik sebesar 200 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> sehingga didapatkan luas permukaan *filter* spesifik adalah sebesar 1,06.

### IV. Faktor HRT



**Gambar 4. 16 Grafik faktor waktu tinggal (HRT)**

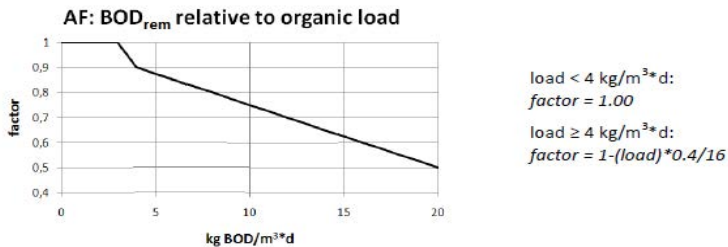
Sumber : Sasse (2009)

Pada perencanaan ini, direncanakan ABF memiliki HRT sebesar 18 jam. Dengan menggunakan rumus:

$$f\text{-HRT} = (\text{HRT}-12) \times 0,07 / 12 + 0,6 \\ = 0,6$$

Sehingga didapatkan factor HRT sebesar 0,6.

#### V. Faktor Organik Load



**Gambar 4. 17 Grafik Faktor Organik Load**

Sumber: Sasse (2009)

Dari perhitungan diatas, didapatkan OLR adalah sebesar 0,64 kg/m³.hari. Maka dari grafik factor organic load untuk load <4 kg/m³.hari adalah 1.

Setelah menentukan factor-faktor tersebut, dilakukan perhitungan % COD, BOD dan TSS *removal* dengan menggunakan rumus berikut:

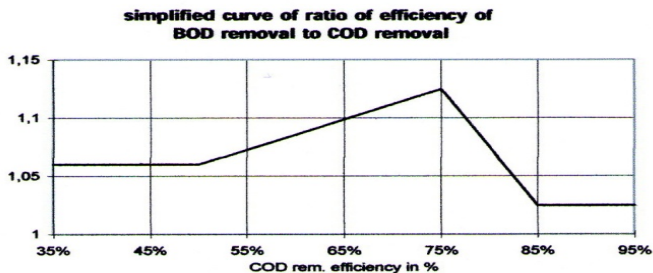
% COD removal

$$= f \text{ temperature} \times f \text{ COD strength} \times f. \text{ luas perm. Filter spesifik} \times f. \\ \text{HRT} \times (1 + \text{jumlah filter} \times 0,04)$$

$$= ((1 \times 0,87 \times 1,06 \times 0,6 \times (1 + (4 \times 0,04))))$$

$$= 69\%$$

Setelah dilakukan perhitungan % removal COD. Kemudian dilakukan perhitungan %removal BOD dengan rasio BODrem/CODrem. Rasio efesiensi BODrem/CODrem dapat dilihat pada Gambar 4.18.



**Gambar 4. 18 Rasio efesiensi BODrem/CODrem**

Sumber : Sasse (2009)

% CODrem = 69%. Dengan menggunakan rumus:

$$\text{factor} = (\text{CODrem} - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$$

$$= 1,1$$

Sehingga, nilai rasio BODrem/CODrem adalah 1,1 (CODrem > 0,85).

% BOD removal

= rasio BODrem/CODrem x %COD removal

$$= 1,1 \times 69\%$$

$$= 75,9\%$$

Kemudian, menentukan removal TSS. Menurut *Tchobanoglous* (2004), penyisihan TSS yang berhubungan dengan waktu tinggal atau HRT dapat ditentukan dengan rumus:

$$\% R = \frac{\theta_H}{a + b \theta_H}$$

dimana: a = 0,0075

b = 0,014

$\theta_H$  = waktu detensi, HRT

%R = persentase penyisihan

Sehingga dapat ditentukan TSS dari unit *anaerobic biofilter*:

$$\% R = \frac{15}{0,0075 + (0,014 \times 15)}$$



$$= 69\%$$

BODrem	=	BODin*%BODrem
	=	45.9 mg/L *75,9%
	=	38 mg/L
CODrem	=	CODin*%CODrem
	=	81.54 mg/L *69%
	=	62.46 mg/L
TSSrem	=	TSSin*%TSSrem
	=	47.7 mg/L * 69%
	=	32,913 mg/L
BOD eff	=	BODinf*(1-BODrem)
	=	45.9 mg/L *(1-75,9%)
	=	7.5 mg/L
CODeff	=	CODin*(1-CODrem)
	=	81.54*(1-69%)
	=	19.08036 mg/L
TSSeff	=	TSSin*(1-TSSrem)
	=	47.7mg/L *(1-69%)
	=	14,78 mg/L

#### ➤ Kebutuhan Nutrien

Kebutuhan nutrient diperlukan untuk mengetahui apakah kualitas air limbah dapat mendukung penggunaan proses pengolahan air limbah domestic secara biologis dengan mengetahui konsentrasi N dan P. Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan nutrient:

##### Direncanakan:

Qave	= 90 m <sup>3</sup> /hari
OLR	= < 4 kg BOD/m <sup>3</sup> .hari
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,85
MLSS	= 2.000 mg/L
Y	= 0,6 mg VSS/mg BOD
Kd	= 0,08 vss/g vss.hari
SRT	= 20 hari
So	= 45,9 mg/L
Se	= 7,5 mg/L

S <sub>So</sub>	= 47,7 mg/L
S <sub>Se</sub>	= 14,78 mg/L
<u>Perhitungan:</u>	
Y <sub>obs</sub>	$= Y / (1 + K_d \cdot SRT)$ $= 0,6 / (1 + 0,08 \times 20)$ $= 0,23$
P <sub>x bio</sub> (P <sub>x MLVSS</sub> )	$= Y_{obs} \times Q_{ave} \times (S_o - S_e)$ $= [0,23 \times 89856 \text{ L/hari} \times (45,9 - 29,4)] / 10^6$ $= 0,76 \text{ kg/hari}$
Volume bangunan	= 24,18 m <sup>3</sup>
Cek OLR	$= (Q_{ave} \times BOD_{in}) / \text{vol. bangunan}$ $= (89856 \text{ L/hari} \times 45,9 \text{ mg/L}) / 24,18 \text{ m}^3 / 10^6$ $= 0,17 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$
TSS removed	$= (S_{So} - S_{se}) \times Q_{ave}$ $= 2,95 \text{ kg/hari}$
P <sub>x TSS</sub> (P <sub>x MLSS</sub> )	$= (X_{TSS} \times \text{vol. bangunan}) / SRT$ $= ((2000 \text{ mg/L} \times 24180 \text{ L}) / 20 \text{ hari}) / 10^6$ $= 2,418 \text{ kg/hari}$
P <sub>x SS</sub> (sludge dibuang)	$= P_{x TSS} + \text{TSS removed}$ $= 2,418 \text{ kg/hari} + 2,95 \text{ kg/hari}$ $= 5,37 \text{ kg/hari}$
<u>Kontrol F/M</u>	
MLVSS	$= \text{rasio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS}$ $= (0,85 \times 2000 \text{ mg/L}) / 1000$ $= 1,7 \text{ kg/m}^3$
Cek F/M	$= (Q_{ave} \times S_o \text{ (BOD)}) / (\text{vol. bangunan} \times \text{MLVSS})$ $= (90 \text{ m}^3/\text{hari} \times 45,9/1000) \text{ kg/m}^3 / (24,18 \text{ m}^3 \times 1,7 \text{ kg/m}^3)$ $= 0,09 \text{ kg BOD/kg MLVSS} \cdot \text{hari}$
Kebutuhan Nutrien Nitrogen	$= Mr \text{ C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ $= 13$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan N} &= ((Ar \text{ N} / Mr \text{ C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times P \times \text{bio}) \\
&= 12\% \times 0,76 \text{ kg/hari} \\
&= 0,09 \text{ kg/hari} \\
\text{N input} &= Q \text{ ave} \times (\text{No}) \\
&= 90 \text{ m}^3/\text{hari} \times (39,78 / 1000) \text{ kg/m}^3 \\
&= 3,58 \text{ kg/hari} \\
\text{Sisa N} &= \text{N input} - \text{kebutuhan N} \\
&= 3,58 \text{ kg/hari} - 0,09 \text{ kg/hari} \\
&= 3,49 \text{ kg/hari} \\
\text{Konsentrasi N effluen} &= \text{Sisa N} / Q \text{ ave} \\
&= (3,49 \text{ kg/hari} / 90 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 1000 \\
&= 38,7 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Phospat} \\
&\text{C : N: P} = 250 : 5 : 1 \text{ (Putri, et ,al, 2013)} \\
&\text{Kebutuhan P} = 1/5 \times 12\% \times P \times \text{bio} \\
&= 1/5 \times 12\% \times 0,76 \text{ kg/hari} \\
&= 0,017 \text{ kg/hari} \\
&\text{Sisa P} = P_o \times Q_{\text{ave}} - \text{kebutuhan P} \\
&= (3,08 / 1000) \text{ kg/m}^3 \times 90 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,017 \text{ kg/hari} \\
&= 0,26 \text{ kg/hari} \\
&\text{konsentrasi P effluen} = \text{Sisa P} / Q_{\text{ave}} \\
&= 0,26 \text{ kg/hari} / 90 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,0028 \text{ kg/m}^3 \\
&= 2,8 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

➤ Produksi lumpur

$$\begin{aligned}
\text{Synthesis yield in anaerob (Y)} &= 0,06 \text{ g VSS/g COD} \\
\text{Massa COD tersisihkan} &= 5,06 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa COD}_{\text{VSS}} &= 1,42 \times Y \times \text{Massa COD tersisihkan} \\
&= 1,42 \times 0,06 \text{ gVSS/gCOD} \times 5,06 \text{ kg/hari} \\
&= 0,43 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa COD}_{\text{TSS}} &= \text{Massa COD}_{\text{VSS}} / 0,85 \\
&= 0,43 \text{ kg/hari} / 0,85 \\
&= 0,51 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

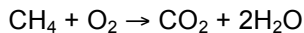
$$\begin{aligned}
\text{Spesific gravity (Sg)} &= 1,025 \\
\rho_{\text{air}} &= 1.000 \text{ kg/m}^3 \\
\% \text{solid} &= 5\% \\
\text{Debit lumpur} &= \text{Massa COD}_{\text{TSS}} / (\text{Sg} \times \rho_{\text{air}} \times 5\%) \\
&= 0,51 \text{ kg/hari} / (1,025 \times 1000 \times 5\%) \\
&= 0,009 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Waktu pengurasan direncanakan 6 bulan atau 2 kali setaun. Saat waktu pengurasan, lumpur yang terkumpul akan dikuras secara bergantian agar waktu *start-up* tidak lama dengan cara disedot dengan truk sedot lumpur. Kemudian, lumpur yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) untuk diolah lebih lanjut. Untuk pembersihan media PVC, direncanakan dilakukan pembersihan berkala sebulan sekali dengan cara diambil kemudian dicuci diluar lalu dimasukkan kembali.

#### Perhitungan Biogas

$$\begin{aligned}
\text{Massa COD tersisihkan} &= 5,06 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa COD}_{\text{VSS}} &= 0,43 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa COD metana} &= \text{Massa COD tersisihkan} - \text{Massa COD}_{\text{VSS}} \\
&= 5,06 \text{ kg/hari} - 0,43 \text{ kg/hari} \\
&= 4,63 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Berikut ini adalah persamaan reaksi kimia COD metana:



Jumlah COD per mol methan adalah,

$$2 (32 \text{ g O}_2 / \text{mol}) = 64 \text{ g O}_2 / \text{mol CH}_4$$

$$\text{Suhu (T)} = 25^\circ \text{ C} = 298^\circ \text{ K}$$

$$\text{Konstanta gas (R)} = 0,082057$$

$$\text{Mol gas (n)} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{Tekanan gas (P)} = 1 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume gas (V}_{\text{gas}}) &= n \times R \times T / P \\
&= 1 \times 0,082057 \times 298 / 1 \\
&= 24,45 \text{ L/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Produksi CH}_4 &= (\text{V}_{\text{gas}} / 64 \text{ gCOD/molCH}_4) \times \text{COD metan} \\
&= (24,45 \text{ L/mol} / 64 \text{ gCOD/molCH}_4) \times 4,63 \text{ kg/hari} \\
&= 1,76 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Diasumsikan sebesar 70% COD yang tersisihkan menjadi gas metan dan 50% dari gas metan tersebut larut dalam air (Sasse, 2009).

$$\begin{aligned}\text{Produksi biogas} &= \text{produksi CH}_4 / 0,7 \times 0,5 \\ &= 1,76 \text{ m}^3/\text{hari} / 0,7 \times 0,5 \\ &= 1,26 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Pada unit ini, disediakan pipa vent setempat dimana berfungsi untuk menangkap gas yang dihasilkan. Unit ini terletak agak jauh dari pusat kegiatan yaitu di luar gedung rumah sakit dan dikelilingi oleh pepohonan. Sehingga, tidak mengganggu pasien dan aktivitas manusia.

#### Perhitungan pipa Efluen:

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan air di pipa (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\ Q &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{- Luas penampang basah (A)} &= Q / v \\ &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{s} / 0,6 \text{ m/s} \\ &= 0,00173 \text{ m}^2 \\ \text{- Diameter pipa (D)} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ 0,00173 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ D &= 0,046 \text{ m} \\ &= 48 \text{ mm} \\ \text{Diameter aplikasi} &= 48 \text{ mm} \\ \text{- Cek v} \\ V &= Q / \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\ &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik} / \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,048^2 \right) \\ &= 0,57 \text{ m/s} \\ &= 0,6 \text{ m/s}\end{aligned}$$

#### **4.4.4. DED Bak Penampung**

Bak penampung ini digunakan untuk menampung air limbah hasil olahan biologis yang kemudian air akan dipompa menuju ke carbon filter.

#### Direncanakan:

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} T_d &= 2 \text{ jam} \\ \text{Kedalaman air} &= 1,5 \text{ m} \\ P : L &= 1 : 1 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak (V)} &= Q \times t_d \\ &= 90 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ jam} \times \text{hari}/24 \text{ jam} \\ &= 7,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas perm. (A)} &= V \times h \\ &= 7,5 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m} \\ &= 5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ 5 \text{ m}^2 &= L^2 \end{aligned}$$

$$L = 2,5 \text{ m}^2$$

$$P = 2,5 \text{ m}^2$$

$$F_b = 0,3$$

Perhitungan pipa efluen:

$$\text{Kecepatan air di pipa (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Luas penampang basah (A)} &= Q / v \\ &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{s} / 0,6 \text{ m/s} \\ &= 0,00173 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$- \text{ Diameter pipa (D)}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$0,00173 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$\begin{aligned} D &= 0,046 \text{ m} \\ &= 48 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter aplikasi} = 48 \text{ mm}$$

$$- \text{ Cek v}$$

$$\begin{aligned} V &= Q / \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\ &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik} / \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,048^2 \right) \\ &= 0,57 \text{ m/s} \\ &= 0,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pompa dapat dilihat dibawah ini.

Perhitungan Pompa

Direncanakan :

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan air di pipa} &= 0,6 \text{ m/s} \\ \text{Debit air limbah (Q)} &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik} \\ L_{\text{suction}} &= 1 \text{ m} \\ L_{\text{discharge}} &= 3 \text{ m} \\ \text{Jumlah pompa} &= 1 \text{ buah} \\ \text{Q tiap pompa} &= Q / \text{jumlah pompa} \\ &= 0.00104 \text{ m}^3/\text{det} / 1 \text{ buah} \\ &= 0.00104\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head pompa} &= H_{\text{statik}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + h_v \\ \text{Kecepatan air di pipa (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\ Q &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Luas penampang basah (A)} &= Q / v \\ &= 0,00104 \text{ m}^3/\text{s} / 0,6 \text{ m/s} \\ &= 0,00173 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Diameter pipa (D)

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ 0,00173 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ D &= 0,046 \text{ m} \\ &= 48 \text{ mm} \\ \text{Diameter aplikasi} &= 48 \text{ mm}\end{aligned}$$

Perhitungan pipa suction:

$$\begin{aligned}H_{\text{statik}} &= 4 \text{ m} \\ H_{\text{fsuction}} &= H_f \text{ mayor} \\ &= \left( \frac{Q}{0,00155 \times c \times d^{2.63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left( \frac{1,04}{0,00155 \times 120 \times 4,8^{2.63}} \right)^{1,85} \times 1 \\ &= 0,011 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan pipa discharge:

$$\begin{aligned}H_{\text{discharge}} &= H_f \text{ mayor} \\ &= \left( \frac{Q}{0,00155 \times c \times d^{2.63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left( \frac{1,04}{0,00155 \times 120 \times 4,8^{2.63}} \right)^{1,85} \times 3 \\ &= 0,035 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Hf minor} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
\text{Hf minor Tee (K = 0,9)} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,9 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0165 \text{ m} \\
\text{Hf minor Bend } 90^\circ (k=0,5) &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,5 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0091 \text{ m} \\
\text{Hf minor } \textit{check valve} (k = 0,25) &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,25 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0045 \text{ m} \\
\text{Hf minor } \textit{gate valve} (k = 0,19) &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\
&= 0,19 \times \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 0,0034 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Head pompa} &= H_s + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + \text{Sisa tekan} \\
&= 4 + (0,011 + 0,035) + (0,034 + 0,0091 + \\
&\quad 0,01665) + 0,018 \\
&= 4,22 \text{ m}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan head pompa yang diperlukan adalah 4,22 m. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa *centrifugal* air limbah dengan kode NB 32-15/142 A-F2-A-E\_BAQE dari produsen pompa *Grundfoss*.

#### 4.4.5. DED Filtrasi

Unit ini direncanakan diletakkan setelah proses biologis pada kedua alternative yang direncanakan. Bak karbon filter ini menggunakan bahan adsorben berupa *Granular Activated Carbon* (GAC). Untuk percobaan secara kontinyu, karbon aktif memiliki kemampuan penyisihan fosfat dengan efesiensi terbesar 54,75%; kapasitas serap (qo) 0,6777 mg/g; densitas 550 kg/m<sup>3</sup>; ukuran media 100-200 mesh; dan waktu breakthrough 1 hari. Berikut adalah perhitungan desain unit filter karbon.



Direncanakan:

$\text{PO}_4\text{-P}$	= 3,08 mg/L
$q_o$	= 0,6777 mg/g
densitas arang	= 550 kg/m <sup>3</sup>
$Q$	= 42 m <sup>3</sup> /hari
%efisiensi	= 54,75%
$T$	= 1 hari

Perhitungan :

- $P$  tersisih = % removal x  $P_{in}$   
= 54,75% x 3,08 mg/L  
= 1,68 mg/L
- $P_{out}$  =  $P_{in}$  –  $P_{tersisih}$   
= 3,08 mg/L – 1,68 mg/L  
= 1,4 mg/L
- Beban yang harus disisihkan = (1.4mg/L x 1000 x 90m<sup>3</sup>/hari)  
= 126.000 mg/hari  
= 126.000 mg/hari / ( $q_o$ x1000)  
= 126.000mg/hari /(0,67x1000)  
= 185,2 kg/hari
- Volume = 185,2 kg/hari / densitas arang aktif  
= 185,2 kg/hari / 550 kg/m<sup>3</sup>  
= 0,336 m<sup>3</sup>/hari
- Mabsorbat =  $P_{tersisih}$  x 1000 x 90 m<sup>3</sup>/hari /  $q_o$   
= 1,68 mg/L x 1000 x 90 m<sup>3</sup>/hari / 0,6777 mg/g  
= 223107,5 mg/hari  
= 223,1075 kg/hari
- $V$  arang aktif dibutuhkan/hari = 223,107kg/hari / 550 kg/m<sup>3</sup> x 1 hari  
= 0,4 m<sup>3</sup>/hari
- Direncanakan dimensi filter seperti berikut:  
Diameter = 1 m  
Tinggi = 1 m  
Volume = 0,4 m<sup>3</sup>  
Jumlah bak per hari = 0,4 m<sup>3</sup>/hari / 0,4 m<sup>3</sup>  
= 1 bak

#### 4.4.6. DED Desinfeksi

##### Direncanakan:

- $Q = 90 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,04 \text{ L/detik}$
- Gas klor ( $\text{Cl}_2$ ) diinjeksikan ke dalam pipa menggunakan tabung klorinator
- Kapasitas tabung klor = 50 kg

Dari data hasil analisa laboratorium yang dilakukan, didapatkan:

- Densitas klor =  $1,2 \text{ kg/l} = 1200 \text{ kg/m}^3$
- Sisa klor =  $0,2 \text{ mg/l}$
- Dosis klor optimum (BPC) =  $2,5 \text{ mg/l}$  (analisa laboratorium)

##### Dihitung:

- Dosis klor yang dibutuhkan = dosis klor optimum + sisa klor  
=  $2,5 \text{ mg/l} + 0,2 \text{ mg/l}$   
=  $2,7 \text{ mg/l}$
- Kebutuhan kaporit = dosis klor dibutuhkan x  $Q$   
=  $2,7 \text{ mg/l} \times 1,04 \text{ L/detik}$   
=  $2,808 \text{ mg/detik}$   
=  $0,24 \text{ kg/hari}$
- Diasumsikan penampungan klor selama 180 hari  
=  $0,24 \text{ kg/hari} \times 180 \text{ hari}$   
=  $43,2 \text{ kg}$
- Kebutuhan tabung klor =  $\frac{\text{kebutuhan klor 180 hari}}{\text{kapasitas tabung klor}}$   
=  $\frac{43,2 \text{ kg}}{50 \text{ kg}}$   
= 1 buah

#### 4.4. Perhitungan Kesetimbangan Massa

Kesetimbangan massa adalah salah satu aspek yang penting dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah. Kesetimbangan massa digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui massa dari tiap parameter pencemar yang dihasilkan atau dikeluarkan dari tiap unit-unit IPAL. Perhitungan kesetimbangan massa dapat dilihat sebagai berikut:

##### a) ABR

*Anaerobic Baffle Reactor* adalah pengolahan biologis yang direncanakan sebagai alternatif pertama pada perencanaan ini. Perhitungan kualitas parameter pencemar yang masuk dan dikeluarkan dari unit ABR adalah sebagai berikut:

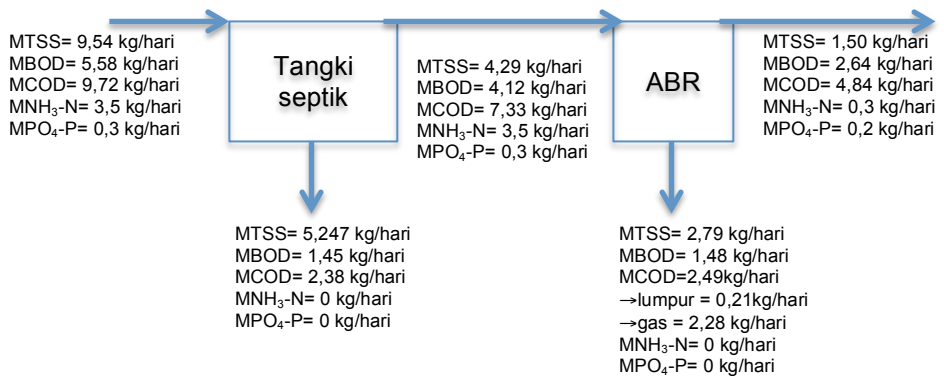
Tangki Septik			
TSS			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	55%	
Massa TSSin	=	9.54	kg/hari
Massa TSSremoval	=	Massa TSSin x %removal	
	=	9,54 x 55%	
	=	5.247	kg/hari
Massa TSSout	=	Massa TSSin - Massa TSSremoval	
	=	9.54-5.247	
	=	4.293	kg/hari
BOD			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	26%	
Massa BODin	=	5.58	kg/hari
Massa BODremoval	=	Massa BODin x %removal	
	=	5.58 x 26 %	
	=	1.4508	kg/hari
Massa BODout	=	Massa BODin - Massa BODremoval	
	=	5,58-1,4508	
	=	4.1292	kg/hari
COD			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	25%	
Massa CODin	=	9.72	kg/hari

Massa CODremoval	=	Massa CODin x %removal	
	=	9,72 x 25 %	
	=	2.3814	kg/hari
Massa CODout	=	Massa CODin - Massa CODremoval	
	=	2.7216-0	
	=	7.3386	kg/hari
<b>NH3-N</b>			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa NH3-Nin	=	3.5802	kg/hari
Massa NH3- Nremoval	=	Massa NH3-Nin x %removal	
	=	3.58 x 0 %	
	=	0	
Massa NH3-Nout	=	Massa NH3-Nin - Massa NH3-Nremoval	
	=	3.58 - 0	
	=	3.5802	kg/hari
<b>PO4-P</b>			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa PO4-Pin	=	0.2772	kg/hari
Massa PO4- Premoval	=	Massa PO4-Pin x %removal	
	=	0,27 x 0 %	
	=	0	
Massa PO4-Pout	=	Massa PO4-Pin - Massa PO4-Premoval	
	=	0,27-0	
	=	0.2772	kg/hari

ABR			
TSS			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	65%	
Massa TSSin	=	4.293	kg/hari
Massa TSSremoval	=	Massa TSSin x %removal	
	=	4,293 x 65 %	
	=	2.79045	kg/hari
Massa TSSout	=	Massa TSSin - Massa TSSremoval	
	=	4.293 - 2.79	
	=	1.50255	kg/hari
BOD			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	36%	
Massa BODin	=	4.1292	kg/hari
Massa BODremoval	=	Massa BODin x %removal	
	=	4.1292 x 36 %	
	=	1.486512	kg/hari
Massa BODout	=	Massa BODin - Massa BODremoval	
	=	4.1292-1.486	
	=	2.642688	kg/hari
COD			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	34%	
Massa CODin	=	7.3386	kg/hari
Massa CODremoval	=	Massa CODin x %removal	
	=	7.3386 x 34 %	

	=	2.495124	kg/hari
Massa CODout	=	Massa CODin - Massa CODremoval	
	=	7.3386 - 2.4951	
	=	4.843476	kg/hari
NH3-N			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa NH3-Nin	=	3.5802	kg/hari
Massa NH3-Nremoval	=	Massa NH3-Nin x %removal	
	=	3.58 x 0 %	
	=	0	
Massa NH3-Nout	=	Massa NH3-Nin - Massa NH3-Nremoval	
	=	3.58-0	
	=	3.5802	kg/hari
PO4-P			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa PO4-Pin	=	0.2772	
Massa PO4-Premoval	=	Massa PO4-Pin x %removal	
	=	0,27 x 0 %	
	=	0	
Massa PO4-Pout	=	Massa PO4-Pin - Massa PO4-Premoval	
	=	0,27-0	
	=	0.2772	kg/hari

Dibawah ini adalah bagan dari *mass balance* dari alternatif 1 yaitu unit *anaerobic baffle reactor*. Pada unit ini ammonia dan fosfat tidak terjadi penyisihan.



**Gambar 4. 19 Bagan mass balance ABR**

#### b) Anaerob Biofilter

*Anaerobic Biofilter* adalah pengolahan biologis yang direncanakan sebagai alternatif kedua pada perencanaan ini. Perhitungan kualitas parameter pencemar yang masuk dan dikeluarkan dari unit AF adalah sebagai berikut:

Tangki Septik			
TSS			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	55%	
Massa TSSin	=	9.54	kg/hari
Massa TSSremoval	=	Massa TSSin x %removal	
	=	9,54 x 55%	
	=	5.247	kg/hari
Massa TSSout	=	Massa TSSin - Massa TSSremoval	
	=	9.54-5.247	
	=	4.293	kg/hari
BOD			

Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	26%	
Massa BODin	=	5.58	kg/hari
Massa BODremoval	=	Massa BODin x %removal	
	=	5.58 x 26 %	
	=	1.4508	kg/hari
Massa BODout	=	Massa BODin - Massa BODremoval	
	=	5,58-1,4508	
	=	4.1292	kg/hari
COD			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	25%	
Massa CODin	=	9.72	kg/hari
Massa CODremoval	=	Massa CODin x %removal	
	=	9,72 x 25 %	
	=	2.3814	kg/hari
Massa CODout	=	Massa CODin - Massa CODremoval	
	=	2.7216-0	
	=	7.3386	kg/hari
NH3-N			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa NH3-Nin	=	3.5802	kg/hari
Massa NH3-Nremoval	=	Massa NH3-Nin x %removal	
	=	3.58 x 0 %	
	=	0	
Massa NH3-Nout	=	Massa NH3-Nin - Massa NH3-Nremoval	



	=	3.58 - 0	
	=	3.5802	kg/hari
PO4-P			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa PO4-Pin	=	0.2772	kg/hari
Massa PO4-Premoval	=	Massa PO4-Pin x %removal	
	=	0,27 x 0 %	
	=	0	
Massa PO4-Pout	=	Massa PO4-Pin - Massa PO4-Premoval	
	=	0,27-0	
	=	0.2772	kg/hari

BIOFILTER ANAEROB			
TSS			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	69%	
Massa TSSin	=	4.293	kg/hari
Massa TSSremoval	=	Massa TSSin x %removal	
	=	4.293 x 69 %	
	=	2.96217	kg/hari
Massa TSSout	=	Massa TSSin - Massa TSSremoval	
	=	1.59-1.036	
	=	1.33083	kg/hari

BOD			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	76%	
Massa BODin	=	4.1292	kg/hari

$$\begin{aligned}
 \text{Massa BODremoval} &= \text{Massa BODin} \times \% \text{removal} \\
 &= 2.64 \times 76 \% \\
 &= 3.1340628 \\
 \text{Massa BODout} &= \text{Massa BODin} - \text{Massa BODremoval} \\
 &= 2.64 - 2.005 \\
 &= 0.9951372 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

#### COD

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= 90 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \% \text{removal} &= 69\% \\
 \text{Massa CODin} &= 7.3386 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa CODremoval} &= \text{Massa CODin} \times \% \text{removal} \\
 &= 4.85 \times 69 \% \\
 &= 5.063634 \\
 \text{Massa CODout} &= \text{Massa CODin} - \text{Massa CODremoval} \\
 &= 4.84 - 3.341 \\
 &= 2.274966 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

#### NH3-N

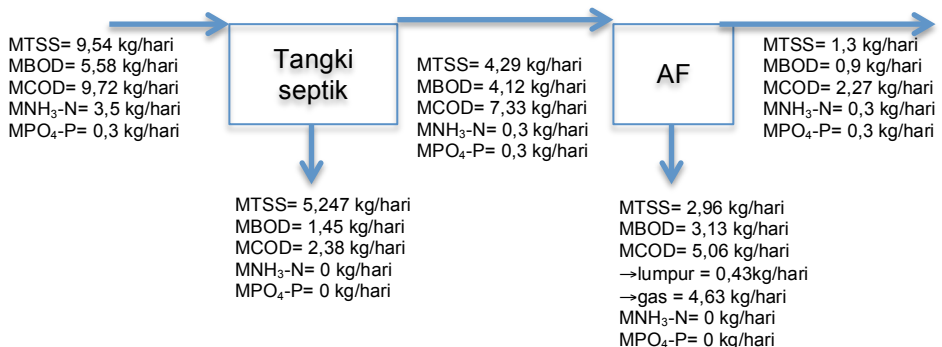
$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= 90 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \% \text{removal} &= 0\% \\
 \text{Massa NH3-Nin} &= 3.5802 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa NH3-Nremoval} &= \text{Massa NH3-Nin} \times \% \text{removal} \\
 &= 3.5802 \times 0 \% \\
 &= 0 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa NH3-Nout} &= \text{Massa NH3-Nin} - \text{Massa NH3-Nremoval} \\
 &= 3.5802 - 0 \\
 &= 3.5802 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

#### PO4-P

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= 90 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{removal} &= 0\% \\
 \text{Massa PO4-Pin} &= 0.2772 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa PO4-Premoval} &= \text{Massa PO4-Pin} \times \% \text{removal} \\
 &= 0,27 \times 0\% \\
 &= 0 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa PO4-Pout} &= \text{Massa PO4-Pin} - \text{Massa PO4-Premoval} \\
 &= 0,27 - 0 \\
 &= 0.2772 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah bagan dari *mass balance* unit *anaerobic biofilter*.



**Gambar 4. 20 Bagan mass balance AF**

### c) Carbon Filter

*Carbon filter* adalah pengolahan lanjutan yang diletakkan setelah pengolahan biologis untuk meremoval fosfat. Perhitungan kualitas parameter pencemar yang masuk dan dikeluarkan dari unit carbon filter dapat dilihat pada gambar berikut:



Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa TSSin	=	0.4657905	kg/hari
Massa TSSremoval	=	Massa TSSin x %removal	
	=	0.4657 x 0 %	
	=	0	kg/hari
Massa TSSout	=	Massa TSSin - Massa TSSremoval	
	=	0.4657-0	
	=	0.4657905	kg/hari

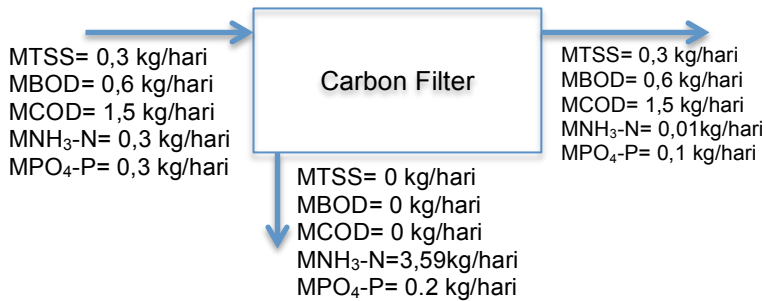
#### BOD

Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa BODin	=	0.636887808	kg/hari
Massa BODremoval	=	Massa BODin x %removal	
	=	0.636 x 0 %	
	=	0	
Massa BODout	=	Massa BODin - Massa BODremoval	
	=	0.636-0	
	=	0.636887808	kg/hari

#### COD

Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	0%	
Massa CODin	=	1.50147756	kg/hari
Massa CODremoval	=	Massa CODin x %removal	
	=	1.5014 x 0 %	
	=	0	
Massa CODout	=	Massa CODin - Massa CODremoval	

	=	1.5014-0	
	=	1.50147756	kg/hari
NH3-N			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	99.7%	
Massa NH3-Nin	=	3.5802	kg/hari
Massa NH3-Nremoval	=	Massa NH3-Nin x %removal	
	=	3.5802 x 99.7 %	
	=	3.5694594	kg/hari
Massa NH3-Nout	=	Massa NH3-Nin - Massa NH3-Nremoval	
	=	3.5802-3.5694	
	=	0.0107406	kg/hari
PO4-P			
Qin	=	90	m3/hari
%removal	=	71%	
Massa PO4-Pin	=	0.2772	kg/hari
Massa PO4-Premoval	=	Massa PO4-Pin x %removal	
	=	0,27 x 71.1 %	
	=	0.1970892	kg/hari
Massa PO4-Pout	=	Massa PO4-Pin - Massa PO4-Premoval	
	=	0,27-0.19	
	=	0.0801108	kg/hari



**Gambar 4. 21 Bagan mass balance carbon filter**

#### 4.5. Profil Hidrolis

Dalam merencanakan suatu desain, sangat diperlukan profil hidrolis. Profil hidrolis sendiri merupakan gambaran perbandingan level muka air dengan elevasi tanah. Dalam membuat profil hidrolis, ditentukan berdasarkan besaran penuruna level muka air akibat beberapa hal antara lain jatuhan, belokan, kecepatan aliran air dibangun.

**Tabel 4. 3 Profil Hdirolis Alternatif 1**

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Bak ekualisasi			-4
1	Hf pipa influen	0.001791	-4.00
	Hf jatuhan	0.000027	-4.00
	Hf belokan	0.000027	-4.00
	Hf kecepatan	0.000047	-4.00
	Hf pipa effluen	0.013044	-4.01
Tangki septik			-4.01
1	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.02

	Hf jatuhan	0.00004	-4.02
	Hf belokan	0.00004	-4.02
	Hf kecepatan	0.00006	-4.02
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.03
2	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.04
	Hf jatuhan	0.00013	-4.04
	Hf belokan	0.00017	-4.04
	Hf kecepatan	0.00024	-4.04
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.05
ABR			-4.05
1	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.05
	Hf jatuhan	0.00004	-4.05
	Hf belokan	0.00004	-4.05
	Hf kecepatan	0.00007	-4.05
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.06
2	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.07
	Hf jatuhan	0.00004	-4.07
	Hf belokan	0.00004	-4.07
	Hf kecepatan	0.00007	-4.07
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.08
3	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.09
	Hf jatuhan	0.00004	-4.09
	Hf belokan	0.00004	-4.09

	Hf kecepatan	0.00007	-4.09
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.09
4	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.10
	Hf jatuhan	0.00004	-4.10
	Hf belokan	0.00004	-4.10
	Hf kecepatan	0.00007	-4.10
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.11
Bak Penampung			-4.11
1	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.12
	Hf jatuhan	0.00004	-4.12
	Hf belokan	0.00004	-4.12
	Hf kecepatan	0.00006	-4.12
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.13
Karbon Filter			-3.13
1	Hf pipa influen	0.2	-3.33
	Hf media	0.205	-3,53

**Tabel 4. 4 Profil Hidrolis Alternatif 2**

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Bak ekualisasi			-4
1	Hf pipa influen	0.001791	-4.00
	Hf jatuhan	0.000027	-4.00



	Hf belokan	0.000027	-4.00
	Hf kecepatan	0.000047	-4.00
	Hf pipa effluen	0.013044	-4.01
Tangki septik			-4.01
1	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.02
	Hf jatuhan	0.00004	-4.02
	Hf belokan	0.00004	-4.02
	Hf kecepatan	0.00006	-4.02
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.03
2	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.04
	Hf jatuhan	0.00013	-4.04
	Hf belokan	0.00017	-4.04
	Hf kecepatan	0.00024	-4.04
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.05
AF			-4.05
1	Hf jatuhan	0.000050	-4.05
	Hf belokan	0.000050	-4.05
	Hf filter	0.022751	-4.07
2	Hf jatuhan	0.000050	-4.07
	Hf belokan	0.000050	-4.07
	Hf filter	0.022751	-4.09
3	Hf jatuhan	0.000050	-4.09
	Hf belokan	0.000050	-4.09
	Hf filter	0.022751	-4.12

4	Hf jatuhan	0.000050	-4.12
	Hf belokan	0.000050	-4.12
	Hf filter	0.022751	-4.14
5	Hf jatuhan	0.000050	-4.14
	Hf belokan	0.000050	-4.14
	Hf filter	0.022751	-4.16
Bak Penampung			-4.16
1	Hf Pipa Influen	0.00783	-4.17
	Hf jatuhan	0.00004	-4.17
	Hf belokan	0.00004	-4.17
	Hf kecepatan	0.00006	-4.17
	Hf Pipa Efluen	0.00783	-4.18
Karbon Filter			-3.18
1	Hf pipa influen	0.2	-3.38
	Hf media	0.205	-3.58

#### 4.6. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Blaya (RAB)

##### 4.6.1 Bill of Quantity (BOQ)

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) pada perencanaan ini meliputi pembersihan lahan, penggalian tanah biasa untuk konstruksi, bekisting lantai dan dinding, pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan beton K255, pengurugan pasir dengan pemadatan. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor diameter dan pekerjaan pompa, pipa dan aksesoris.

##### 1. BOQ Pembersihan Lahan

Pada pekerjaan ini tanah dibersihkan sesuai dengan luas lahan unit. Perhitungan dengan rumus = panjang total x lebar total.

Perhitungan:

- a. Bak Ekualisasi = panjang total x lebar total  
= 6,1 m x 3,3 m  
= 20,13 m<sup>2</sup>
- b. TS + ABR = panjang total x lebar total  
= 15,18 m x 3,6 m  
= 54,65 m<sup>2</sup>
- c. TS + AF = panjang total x lebar total  
= 16,45 m x 2,6 m  
= 42,77 m<sup>2</sup>
- d. Bak Penampung = panjang total x lebar total  
= 2,5 m x 2,5 m  
= 7,84 m<sup>2</sup>

Sehingga, **volume pembersihan lahan alternatif 1** adalah **82,62 m<sup>3</sup>** sedangkan **alternatif 2** adalah **70,74 m<sup>3</sup>**

2. BOQ Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi

Pada pekerjaan ini, tanah digali dengan bentuk tampak samping segiempat karena sebelah kanan dan kiri unit merupakan struktur utama gedung.

Rumus : (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (kedalaman bangunan yang digali + tebal pasir + fb + tebal lantai kerja + tebal tutup)

- Tebal pasir = 0,1 m
- Tebal lantai kerja = 0,05 m
- Fb = 0,3 m
- Tebal plat bawah = 0,3 m
- Tebal tutup = 0,2 m

Perhitungan:

- a. Bak Ekualisasi = 6,7 m x 3,3 m x 1,8 m  
= 39,8 m<sup>3</sup>
- b. TS + ABR = 15,18 m x 3,6 m x 1,5 m  
= 81,9 m<sup>3</sup>
- c. TS + AF = 17,05 m x 3,6 m x 1,5 m  
= 92,07 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{d. Bak Penampung} &= 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \\ &= 18,03 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sehingga, **volume galian tanah alternatif 1** adalah **139,73 m<sup>3</sup>** sedangkan **alternatif 2** adalah **149,9 m<sup>3</sup>**

### 3. BOQ Pengurugan Pasir dengan Pemadatan

Rumus dari BOQ ini adalah = (panjang + tebal plat bawah) x (lebar + sepatu lantai) x tebal pasir

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{a. Bak Ekualisasi} &= 6,7 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 2,6 \text{ m}^3 \\ \text{b. TS + ABR} &= 15,18 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 5,46 \text{ m}^3 \\ \text{c. TS + AF} &= 16,9 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 6,1 \text{ m}^3 \\ \text{d. Bak Penampung} &= 3,1 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sehingga, **volume pengurugan pasir alternatif 1** adalah **9,06 m<sup>3</sup>** sedangkan **alternatif 2** adalah **9,7 m<sup>3</sup>**.

### 4. Pekerjaan Bekisting Lantai dan Dinding

- Bekisting lantai = panjang total x lebar total

$$\begin{aligned}\text{a. Bak Ekualisasi} &= 6,7 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \\ &= 26,13 \text{ m}^2 \\ \text{b. TS + ABR} &= 15,8 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \\ &= 56,88 \text{ m}^2 \\ \text{c. TS + AF} &= 16,3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 48,9 \text{ m}^2 \\ \text{d. Bak Penampung} &= 3,7 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \\ &= 11,47 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Bekisting dinding = (panjang total + lebar total) x tinggi

$$\begin{aligned}\text{a. Bak Ekualisasi} &= 9,4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 18,8 \text{ m}^3 \\ \text{b. TS + ABR} &= (15,8 \text{ m} + 3,6 \text{ m}) \times 2,6 \text{ m} \\ &= 50,44 \text{ m}^2 \\ \text{c. TS + AF} &= (16,45 \text{ m} + 3 \text{ m}) \times 2,3 \text{ m} \\ &= 44,74 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. Bak Penampung} &= (3,1 \text{ m} + 3,1 \text{ m}) \times 2 \text{ m} \\ &= 12,4 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Sehingga, **luas bekisting lantai alternatif 1** adalah **88,48 m<sup>2</sup>** sedangkan **alternatif 2** adalah **80,5 m<sup>2</sup>**. Dan **luas bekisting dinding alternatif 1** adalah **81,64 m<sup>2</sup>** sedangkan **alternatif 2** adalah **75,94 m<sup>2</sup>**

#### 5. BOQ Pekerjaan Beton K255

Rumus dari BOQ ini adalah

Beton lantai bangunan = panjang x lebar

Perhitungan:

- a. Bak Ekualisasi =  $6,7 \text{ m} \times 3,9 \text{ m}$   
=  $26,13 \text{ m}^3$
- b. TS + ABR =  $15,8 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}$   
=  $56,88 \text{ m}^2$
- c. TS + AF =  $16,3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$   
=  $48,9 \text{ m}^2$
- d. Bak Penampung =  $3,7 \text{ m} \times 3,1 \text{ m}$   
=  $11,47 \text{ m}^2$

Beton dinding bangunan = (panjang total + lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + freeboard)

Perhitungan:

- a. Bak Ekualisasi =  $(6,1 \text{ m} + 3,3 \text{ m}) \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$   
=  $3,2 \text{ m}^3$
- b. TS + ABR =  $(15,18 + 3 \text{ m}) \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$   
=  $6,27 \text{ m}^3$
- c. TS + AF =  $(16,45 \text{ m} + 3 \text{ m}) \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$   
=  $6,71 \text{ m}^3$
- d. Bak Penampung =  $(3,1 \text{ m} + 3,1 \text{ m}) \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$   
=  $2,14 \text{ m}^3$

Beton tutup bangunan = panjang x lebar x (tebal tutup)

Perhitungan:

- a. TS + ABR =  $15,18 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$   
=  $6,83 \text{ m}^3$
- b. TS + AF =  $16,45 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$   
=  $7,4$

Sehingga, **volume pekerjaan beton total alternatif 1** adalah **112,92 m<sup>3</sup>** sedangkan **alternatif 2** adalah **105,95 m<sup>3</sup>**.

6. BOQ Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos)

Volume pekerjaan ini mengacu pada perhitungan volume pekerjaan beton bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya didapatkan:

- Alternatif 1 = 112,92 m<sup>3</sup>
- Alternatif 2 = 105,95 m<sup>3</sup>

Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 150 kg/m<sup>3</sup> beton sehingga didapatkan berat besi adalah:

- **Alternatif 1 = 16.938kg**
- **Alternatif 2 = 15.892,5 kg**

7. BOQ Pekerjaan Pompa dan Pipa

a. Pompa air limbah

Pompa yang digunakan ada 3 buah. 2 pada bak ekualisasi menuju ABR atau AF dan 1 pada bak penampung menuju filter.

b. Pipa

Pipa untuk alternatif 1 dan 2 adalah sebanyak 12 buah.

#### 4.6.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara BOQ dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan HSPK Kota Surabaya tahun 2016 melalui penyesuaian dengan harga yang berlaku di pasar. Pada analisis RAB ini akan dihitung biaya:

- Pembersihan lahan
- Penggalan tanah biasa untuk konstruksi
- Bekisting lantai dan dinding
- Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)
- Pekerjaan beton K225
- Pengurugan pasir dengan pemadatan

Nilai satuan perhitungan RAB per jenis pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 4. 5 Nilai Satuan Perhitungan RAB per Jenis Pekerjaan**

No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
1	<b>Pembersihan Lapangan dan Perataan Tanah</b>				
	Mandor	0.05	O.H	Rp158,000	Rp7,900
	Pembantu Tukang	0.1	O.H	Rp110,000	Rp11,000
	<b>Total per 1 m2</b>				<b>Rp18,900</b>
No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
2	<b>Penggalian tanah biasa untuk konstruksi</b>				
	Mandor	0.025	O.H	Rp158,000	Rp3,950
	Pembantu Tukang	0.75	O.H	Rp110,000	Rp82,500
	<b>Total per 1 m3</b>				<b>Rp86,450</b>
No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
3	<b>Pengurugan pasir</b>				
	Upah				
	Mandor	0.01	O.H	Rp158,000	Rp1,580
	Pembantu Tukang	0.3	O.H	Rp110,000	Rp33,000
	Bahan				
	Pasir urug	1.2	m3	Rp150,200	Rp180,240
	<b>Total per 1 m3</b>				<b>Rp214,820</b>
No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
4	<b>Bekisiting lantai</b>				
	Upah				
	Mandor	0.033	O.H	Rp158,000	Rp5,214
	Pembantu Tukang	0.66	O.H	Rp110,000	Rp72,600
	Kepala tukang kayu	0.033	O.H	Rp148,000	Rp4,884
	Tukang kayu	0.33	O.H	Rp121,000	Rp39,930
	Bahan				
	Paku usuk	0.4	kg	Rp19,800	Rp7,920

	Plywood UK 122x244x9mm	0.35	lembar	Rp121,400	Rp42,490
	Kayu meranti bekisting	0.04	m3	Rp3,350,400	Rp134,016
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0.015	m3	Rp4,711,500	Rp70,673
	Minyak bekisting	0.2	liter	Rp29,600	Rp5,920
	<b>Total per 1 m2</b>				Rp383,647
No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
5	<b>Bekisting dinding</b>				
	Upah				
	Mandor	0.033	O.H	Rp158,000	Rp5,214
	Pembantu Tukang	0.66	O.H	Rp110,000	Rp72,600
	Kepala tukang kayu	0.033	O.H	Rp148,000	Rp4,884
	Tukang kayu	0.33	O.H	Rp121,000	Rp39,930
	Bahan				
	Paku usuk	0.4	kg	Rp19,800	Rp7,920
	Plywood UK 122x244x9mm	0.35	lembar	Rp121,400	Rp42,490
	Kayu meranti bekisting	0.04	m3	Rp3,350,400	Rp100,512
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0.015	m3	Rp4,711,500	Rp94,230
	Minyak bekisting	0.2	liter	Rp29,600	Rp5,920
	<b>Total per 1 m2</b>				Rp373,700
No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
6	<b>Pekerjaan pembesian dengan besi beton)</b>				
	Upah				
	Mandor	0.265	O.H	Rp158,000	Rp48
	Kepala tukang besi	0.262	O.H	Rp148,000	Rp77
	Tukang	1.3	O.H	Rp121,000	Rp735
	Pembantu Tukang	5.3	O.H	Rp110,000	Rp693
	Bahan				



	Besi beton polos kg	8.4	Zak	Rp12,000	Rp12,600
	kawat ikat	0.54	m3	Rp23,000	Rp345
	<b>Total per 1 kg</b>				Rp14,498
	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	<b>Pekerjaan beton k-225</b>				
	Upah				
	Mandor	0.083	O.H	Rp158,000	Rp13,114
	Kepala tukang batu	0.028	O.H	Rp148,000	Rp4,144
	Tukang batu	0.275	O.H	Rp121,000	Rp33,275
	Pembantu Tukang	1.65	O.H	Rp110,000	Rp181,500
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	8.8	Zak	Rp60,700	Rp562,992
	Pasir cor	0.456	m3	Rp243,000	Rp106,008
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0.542	m3	Rp487,900	Rp268,858
	Air kerja	215	liter	Rp28	Rp6,020
	<b>Total per 1 m3</b>				Rp1,175,911
No	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
7	<b>Pemasangan pipa air kotor diameter 3'</b>				
	Upah				
	Mandor	0.0041	O.H	Rp158,000	Rp648
	kepala tukang	0.0135	O.H	Rp148,000	Rp1,998
	Tukang	0.135	O.H	Rp121,000	Rp16,335
	Pembantu Tukang	0.081	O.H	Rp110,000	Rp8,910
	Bahan				
	Pipa plastik PVC Tipe C uk. 3' Pj.4mtr	0.3	Batang	Rp72,200	Rp21,660
	Pipa plastik PVC Tipe C uk. 3' Pj.4mtr	0.105	Batang	Rp72,200	Rp7,581

	<b>Total per 1 m</b>				Rp57,132
--	----------------------	--	--	--	----------

Kemudian dilakukan perhitungan RAB untuk pembangunan unit-unit IPAL kedua alternatif. Hasil rekapitulasi RAB kedua alternatif dapat dilihat pada tabel dibawah

**Tabel 4. 6 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 1**

No	Uraian kegiatan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Harga Total
1	Pembersihan lahan	m2	82.62	Rp18,900	Rp1,561,518
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m3	139.73	Rp86,450	Rp12,079,659
3	Pengurugan pasir	m3	9.06	Rp214,820	Rp1,946,269
4	Bekisting lantai	m2	88.48	Rp383,647	Rp33,945,042
5	Bekisting dinding	m2	81.64	Rp373,700	Rp30,508,868
6	pekerjaan pembesian dengan besi beton	kg	16938	Rp14,498	Rp245,567,124
7	Pekerjaan beton k225	m3	112.92	Rp1,175,911	Rp132,783,870
8	Pemasangan Pipa air kotor diameter 3'	m3	12	Rp57,132	Rp685,582
9	Pengadaan pompa		3	Rp8,359,000	Rp25,077,000
11	Pengadaan tangki karbon filter		1	Rp500,000	Rp500,000
12	Media karbon aktif	kg	223.1	Rp750,000	Rp167,325,000
13	Tabung klor		1	Rp200,000	Rp200,000
Total					Rp652,179,932

**Tabel 4. 7 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 2**

No	Uraian kegiatan	Satuan	Jumlah	Harga satuan	Harga Total
1	Pembersihan lahan	m2	87.19	Rp18,900	Rp1,647,891
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m3	149.9	Rp86,450	Rp12,958,855

3	Pengurugan pasir	m3	9.7	Rp214,820	Rp2,083,754
4	Bekisting lantai	m2	90.28	Rp383,647	Rp34,635,606
5	Bekisting dinding	m2	75.94	Rp373,700	Rp28,378,778
6	pekerjaan pembesian dengan besi beton	kg	17440.5	Rp14,498	Rp252,852,369
7	Pekerjaan beton k225	m3	116.27	Rp1,175,911	Rp136,723,172
8	Pemasangan Pipa air kotor diameter 3'	m3	12	Rp57,132	Rp685,582
9	Pengadaan pompa		3	Rp8,359,000	Rp25,077,000
10	Pengadaan media sarang tawon 30 cm x 30 cm x 30 cm	m3	6	Rp65,500	Rp393,000
11	Pengadaan tangki karbon filter		1	Rp500,000	Rp500,000
12	Media karbon aktif	kg	223.1	Rp750,000	Rp167,325,000
13	Tabung klor		1	Rp200,000	Rp200,000
Total					Rp663,461,007

#### 4.7. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai kelebihan dan kekurangan dari tiap alternatif yang kemudain akan dibandingkan. Parameter pembanding yang digunakan terdiri dari:

- Kebutuhan lahan
- Efesiensi removal
- RAB konstruksi

##### A. Kebutuhan Lahan

Perbandingan luas lahan yang dibutuhkan dari masing-masing alternatif disajikan dalam Tabel 4.3

**Tabel 4. 8 Perbandingan Kebutuhan Lahan masing-masing Alternatif**

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2
Luas lahan (m <sup>2</sup> )	174.16	181.37

Kebutuhan lahan pada alternatif 2 lebih besar disebabkan karena perbedaan jumlah dan bangunan pada unit pengolahan biologis.

Alternatif 2 ini menggunakan *anaerobic biofilter* sebagai pengolahan biologisnya. Jumlah dari unit adalah 5 dengan dimensi 10 m x 3 m x 1,5 m.

## B. Efisiensi Removal

Pada perbandingan efisiensi pengolahan pada masing-masing IPAL digunakan parameter BOD, COD, TSS. Untuk parameter ammonia dan fosfat tidak ditampilkan karena digunakan unit filter pada kedua alternatif.

Perhitungan efisiensi pengolahan biologis pada desain didasarkan pada hasil perhitungan yang mengacu pada textbook dan jurnal.

Tabel perbandingan efisiensi pengolahan ipal pada tiap unit dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Perbandingan Efisiensi Pengolahan IPAL**

Parameter	Efisiensi Pengolahan (%)	
	Alternatif 1	Alternatif 2
BOD	40%	75.9%
COD	37%	69%
TSS	65%	69%

Efisiensi removal untuk parameter BOD dan COD untuk alternatif 2 lebih unggul dibandingkan dengan alternatif 1. Sedangkan parameter TSS tidak terlalu terjadi perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan alternatif 1. Efisiensi ABR dan AF tersebut mengacu pada masing-masing grafik yang sudah ditentukan oleh Sasse dimana grafik tersebut yang menentukan besar kecilnya efisiensi.

## C. RAB Konstruksi

Perbandingan RAB yang dibutuhkan disajikan dalam Tabel 4. 4 dan Tabel 4.5. data yang didapat kemudian diplotkan ke grafik untuk melihat sejauh apa perbedaannya.

**Tabel 4. 10 Perbandingan RAB konstruksi masing-masing alternatif**

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2
-----------	--------------	--------------

RAB Konstruksi (Rp)	Rp652.179.932	Rp663.461.007
------------------------	---------------	---------------

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Berdasarkan perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) diperoleh hasil berupa dimensi alternatif 1 untuk unit bak ekualisasi ( 5,5 m x 2,7 m x 2 m), tangki septik (3,3 m x 3 m, 1,5 m), *anaerobic baffle reactor* (15 m x 3 m x 2 m), bak penampung ( 2,5 m x 2,5 m x 1,5 m ), filter dengan diameter 1,5 m dan tinggi 2 m. Sedangkan untuk alternatif 2 diperoleh dimensi unit bak ekualisasi ( 5,5 m x 2,7 m x 2,3 m), tangki septik (3,3 m x 3 m, 1,5 m), *anaerobic biofilter* (16,5 m x 3 m x 1,5 m), bak penampung ( 2,5 m x 2,5 m x 1,5 m ), filter dengan diameter 1,5 m dan tinggi 2 m.
2. Rencana Anggaran Biaya IPAL alternatif 1 sebesar Rp652.179.932 sedangkan Unit IPAL alternatif 2 sebesar Rp663.461.007.

#### **5.2. Saran**

1. Pada perencanaan selanjutnya agar dilakukan pengukuran debit effluent untuk mengetahui fluktuasi air limbah yang dihasilkan.
2. Perlunya melakukan perhitungan RAB dalam melakukan perbandingan anantara kedua alternatif.
3. Perlunya pengkajian lebih lanjut terkait teknologi pengolahan yang tepat untuk diaplikasikan pada rumah sakit.
4. Perlunya pengkajian lebih lanjut terhadap removal untuk parameter N dan P.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmito, W. (2009). *Sistem Manajemen Rumah Sakit*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Arifin, M. 2008. *Pengaruh Limbah Rumah Sakit Terhadap Kesehatan*. FKUI. Depok.
- Agustin, E. 2014. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSUD DR. M. Soewandhie Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Ayuningtyas, R. D. 2009. *Proses Pengolahan Air limbah di RSUD Dr. Moewardi Surakarta*. Tugas Akhir. Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Chrisafitri, R. A dan Nieke K. 2012. *Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil Dengan Reaktor Saringan Pasir Lambat dan Karbon Aktif*. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Damayanto, R. 2004. *Perencanaan Sistem Plumbing Rumah Sakit Semen Gresik II*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Depkes RI. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia No. 44 tentang Rumah Sakit*.
- Djaja, I. M. 2006. *Gambaran Pengelolaan Air limbah Di Rumah Sakit "X" Jakarta*. Jurnal Institut Teknologi Nasional, Vol 4, No. 1.
- Gautam, A. K, Kumar, S. dan Sabumo, P.C. 2007. *Preliminary Study of Physico-chemical Treatment Options for Hospital Wastewater. Journal of Environmental Management*. Vol 83. No. 3.
- Indriyati, 2005. *Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologis Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam*. JAL. Volume 1-3
- Jannah, M. N. 2015. *Evaluasi Kinerja dan Review Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Non-Toksik Rumah Sakit X*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Ledin, A., Eriksson, E., dan Henze, M. (2001). *Aspects of Groundwater Recharge Using Grey Wastewater*. In: P. Lens, G. Zeemann and G. Lettinga (Editors). *Decentralised Sanitation and Reuse*. London. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

- Lukito, E. 2017. *Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pusat Perbelanjaan "X" Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A. F. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya : ITS Press
- Menteri Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Jakarta
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Dübendorf:
- Mulyati, M. dan Narhad, J. S. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit RK Charitas Palembang*. Jurnal Ilmu Lingkungan. Vol 22. No 2.
- Nurdijanto, S.A., Purwanto, Sasongko, S. B. 2011. *Rancang Bangun dan Rekayasa Pengolahan Air limbah Rumah Sakit*. Jurnal Ilmu Lingkungan. Vol 9. No 1.
- Nurhayati dan Imam M, 2012. *Pengelolaan Limbah Cair Kertas dan Pulp Dengan Menggunakan Aerasi dan Tekanan Filter Karbon Aktif*. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik. Vol 8. No. 1.
- Okun, D dan George P. 1975. *Community Wastewater Collection and Disposal*. Geneva: World Health Organization.
- Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Surabaya.
- Pratiwi, R. S dan Purwanti, I. F. 2015. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 4, No. 1.
- Puspitahati, C. 2012. *Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Putri, A. R, Ganjar, S dan Dwi, S, H. 2013. *Penentuan Rasio BOD/COD Optimal pda Reaktor Aerob, Fakultatif da Anaerob*. Thesis. Universitas Dipenogoro.
- Rakhmadany, A. 2013. *Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Aerobik, Anaerobik*

- dan Kombinasi Anaerobik dan Aerobik. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Reynolds, T. D dan Richards, P. A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. Second Edition*. PWS Publishing Company. Boston.
- Rosidi, M. 2017. *Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Said, N. I dan Wahjono, H. D. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah RUMah Sakit dengan Sistem "Biofilter Anaerob-Aerob"*.
- Sari, D. R. 2015. *Evaluasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Extended Aeration di Rumah Sakit "X" Semarang*. Tugas Akhir. Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat.
- Sasse, L. ; BORDA (Editor). 2009. *DEWATS. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- Siregar, S. A. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Kanisius.
- Suarez, S., Lema, J. M dan Omil, F. 2009. *Pretreatment of Hospital Wastewater by Coagulation-Flocculation and Flotation. Bioresources Technology*. Vol 100. No. 7.
- Suparmadja, A. 2014. *Analisis Resiko dan Kinerja IPAL Rumah Sakit dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA)*. Tesis Jurusan Lingkungan ITS.
- Suparmin dan Suparman. 2002. *Pembuangan Tinja dan Air limbah*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Susana, T dan Suyarso. 2008. *Penyebaran Fosfat dan Deterjen di Perairan Pesisir dan Laut di Cirebon Jawa Barat*. Pusat Penelitian Oseonografi . Bandung.
- Tchobanoglous, G dan Shroeder E. D. 2003. *Water Quality: Characteristics, Modeling, Modification*. Addison-Wesley Publishing Company, United States of America.
- US EPA. (2004). *Guidelines for Water Reuse*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Wang L. K., Wu, Z., dan Shammass, N. K. (2009). *Handbook of Environmental Engineering Volume 8: Biological Treatment Processes*. Totowa: The Humana Press

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 : Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013



GOVERNOR OF EAST JAVA

PERATURAN GOVERNOR OF EAST JAVA  
NUMBER 72 YEAR 2013

ABOUT

WATER QUALITY STANDARDS FOR INDUSTRIAL AND/OR  
OTHER BUSINESS ACTIVITIES

GOVERNOR OF EAST JAVA,

- Menimbang** : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 22 ayat (8) Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur yang diundangkan dalam Lembaran Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2008 Nomor 1 Seri E, perlu membentuk Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya;
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 tentang Pembentukan Provinsi Djawa Timur (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1950 tentang Perubahan dalam Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950);
2. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3274);
3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1990 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3419);
4. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);

5. Undang



4. Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama]

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK Volume Limbah Cair Maximum 120 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD <sub>5</sub>	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6-9

5. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Obat Tradisional/Jamu.

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK PENGOLAHAN OBAT TRADISIONAL/JAMU	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD <sub>5</sub>	75
COD	150
TSS	100
Fenol	0,2
pH	6-9
Volume air limbah maksimum (M <sup>3</sup> /ton bahan baku)	15

6. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Sakit

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK KEGIATAN RUMAH SAKIT Volume Limbah Cair Maximum 500 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
Suhu	30°C
pH	6-9
BOD <sub>5</sub>	30
COD	80
TSS	30
NH <sub>3</sub> -N bebas	0,1
PO <sub>4</sub>	2
MPN-Kuman Golongan E. coli/100 mL	10.000

## 7. Kegiatan





## LAMPIRAN 2 : HSPK Kota Surabaya Tahun 2016

LAMPIRAN 2 KEPUTUSAN WALIKOTA SURABAYA

NOMOR : .....

TANGGAL : .....

### HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	KOM.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>A</b>	<b>KAWILUKAN GEODISI</b>				
<b>24.01</b>	<b>Pekerjaan Penetapan &amp; Tanah</b>				
<b>24.01.01.01</b>	<b>Pembuatan Souwplank / TIK</b>				
	<b>Uraian</b>		<b>TIK</b>		
23.02.04.01.01.F	Rondor	0.0045	Orang Hari	158,000.00	711.00
23.02.04.01.02.F	Kapala Tukang	0.0100	Orang Hari	148,000.00	1,480.00
23.02.04.01.03.F	Tulang	0.0000	Orang Hari	121,000.00	12,100.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0000	Orang Hari	110,000.00	11,000.00
	<b>Jumlah</b>				<b>23,671.00</b>
26.01.01.28.04.05.F	Paku Rusa 2 - 5 inch	0.0000	Doc	28,200.00	1,410.00
26.01.01.43.04.03.F	Dayu Hecati Ukur 4/8, 5/7	0.0120	kg	4,188,000.00	50,256.00
26.01.01.43.04.03.F	Dayu Hecati Beking	0.0080	kg	3,350,400.00	26,803.20
	<b>Jumlah</b>				<b>78,469.20</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>103,760.20</b>
<b>24.01.01.02</b>	<b>Pengukuran dan Pemasangan Souwplank (UTAS)</b>				
	<b>Uraian</b>		<b>ms</b>		
23.02.04.01.01.F	Rondor	0.0050	Orang Hari	158,000.00	790.00
23.02.04.01.02.F	Kapala Tukang	0.0100	Orang Hari	148,000.00	1,480.00
23.02.04.01.03.F	Tulang	0.0000	Orang Hari	121,000.00	12,100.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0000	Orang Hari	110,000.00	11,000.00
	<b>Jumlah</b>				<b>23,770.00</b>
26.01.01.28.04.05.F	Paku Rusa 2 - 5 inch	0.0000	Doc	28,200.00	564.00
26.01.01.43.04.03.F	Dayu Hecati Papan 2/20, 4/10	0.0070	kg	4,188,000.00	29,316.00
26.01.01.43.04.03.F	Dayu Hecati Ukur 4/8, 5/7	0.0120	kg	4,188,000.00	50,256.00
	<b>Jumlah</b>				<b>80,136.00</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>103,906.00</b>
<b>24.01.01.03</b>	<b>Pembuatan Lapangan "Kings" dan Perataan</b>				
	<b>Uraian</b>				
23.02.04.01.01.F	Rondor	0.0250	Orang Hari	158,000.00	3,950.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0000	Orang Hari	110,000.00	0.00
	<b>Jumlah</b>				<b>3,950.00</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>3,950.00</b>
<b>24.01.01.04</b>	<b>Pembuatan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
	<b>Uraian</b>				
23.02.04.01.01.F	Rondor	0.0000	Orang Hari	158,000.00	7,900.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0000	Orang Hari	110,000.00	11,000.00
	<b>Jumlah</b>				<b>18,900.00</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>18,900.00</b>
<b>24.01.01.05</b>	<b>Uraian Dengan WaterPass / Hidrostat</b>				
	<b>Uraian</b>				
23.01.01.05.03.F	Surveyor Geodesi	0.0067	Orang Hari	158,000.00	1,058.33
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0133	Orang Hari	110,000.00	1,466.67
	<b>Jumlah</b>				<b>2,525.00</b>
23.02.05.12.04.01.F	Sees Theodolite	0.0067	hari	368,800.00	2,488.67
	<b>Jumlah</b>				<b>2,488.67</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>5,013.67</b>
<b>24.01.01.06</b>	<b>Pembongkaran Rangka Atas dan Penutup Atas Dipakai Kelebat</b>				
	<b>Uraian</b>				
23.02.04.01.01.F	Rondor	0.0050	Orang Hari	158,000.00	790.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0000	Orang Hari	110,000.00	11,000.00
	<b>Jumlah</b>				<b>11,790.00</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>11,790.00</b>
<b>24.01.01.07</b>	<b>Pembongkaran Rangka Atas dan Penutup Atas Dipakai Kelebat</b>				
	<b>Uraian</b>				
23.02.04.01.01.F	Rondor	0.0100	Orang Hari	158,000.00	1,580.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.0000	Orang Hari	110,000.00	22,000.00



### HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>24.91.02.05</b>	<b>Pengangkutan Lumpur di Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0125	O.H	158,000.00	1,975.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2500	O.H	110,000.00	27,500.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>29,475.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>29,475.00</b>
<b>24.91.02.06</b>	<b>Pengangkutan Tanah Isuar Proyek</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2500	O.H	110,000.00	27,500.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>27,500.00</b>
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
22.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.2500	Jam	69,200.00	17,300.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>17,300.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>44,800.00</b>
<b>24.91.02.07</b>	<b>Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0250	O.H	158,000.00	3,950.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.7500	O.H	110,000.00	82,500.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>86,450.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>86,450.00</b>
<b>24.91.02.08</b>	<b>Penggalian Tanah Keras</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0320	O.H	158,000.00	5,056.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.0000	O.H	110,000.00	110,000.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>115,056.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>115,056.00</b>
<b>24.91.02.09</b>	<b>Galian Tanah Cadas/Kasat</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0600	O.H	158,000.00	9,480.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.5000	O.H	110,000.00	165,000.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>174,480.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>174,480.00</b>
<b>24.91.02.10</b>	<b>Penggalian Tanah Lumpur</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0450	O.H	158,000.00	7,110.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.2000	O.H	110,000.00	132,000.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>139,110.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>139,110.00</b>
<b>24.91.02.11</b>	<b>Penggalian Lumpur dengan Alat Berat</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0070	O.H	158,000.00	1,106.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2260	O.H	110,000.00	24,860.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>25,966.00</b>
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
22.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.0740	Jam	69,200.00	5,120.80
22.02.05.11.01.01.F	Sewa Excavator 6m3	0.0528	Jam	138,400.00	7,307.52
	<b>Jumlah:</b>				<b>12,428.32</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>38,394.32</b>
<b>24.91.02.12</b>	<b>Penggalian Tanah dengan Alat Berat</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0070	O.H	158,000.00	1,106.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2260	O.H	110,000.00	24,860.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>25,966.00</b>
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
22.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.0670	Jam	69,200.00	4,626.40
22.02.05.11.01.01.F	Sewa Excavator 6m3	0.0670	Jam	138,400.00	9,272.80
	<b>Jumlah:</b>				<b>13,909.20</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>39,875.20</b>
<b>24.91.02.13</b>	<b>Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi</b>		m3		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0190	O.H	158,000.00	3,002.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.1020	O.H	110,000.00	11,220.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>14,222.00</b>



### HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Kowl.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>14.03.01.16</b>	<b>Pekerjaan Pemasangan Kabel prebressed polioe/strand</b>		kg		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.0003	OH	150,000.00	47.40
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Besi	0.0005	OH	140,000.00	74.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Besi	0.005	OH	121,000.00	605.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.005	OH	110,000.00	550.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>1,276.40</b>
	<u>Bahan:</u>				
20.01.01.09.01.01.F	Seel Beton Polioe	1.05	Kg	12,500.00	13,125.00
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	0.01	Kg	25,500.00	255.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>13,380.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>14,656.40</b>
<b>14.03.01.17</b>	<b>Pekerjaan Bekisting Sloof</b>		m <sup>2</sup>		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.026	OH	150,000.00	4,106.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang kayu	0.026	OH	140,000.00	3,646.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Kayu	0.26	OH	121,000.00	31,460.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.52	OH	110,000.00	57,200.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>96,418.00</b>
	<u>Bahan:</u>				
20.01.01.26.04.04.F	Paku Usuk	0.3	Kg	19,800.00	5,940.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.045	M <sup>3</sup>	3,350,400.00	150,768.00
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0.1	Liter	29,600.00	2,960.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>159,668.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>256,086.00</b>
<b>14.03.01.18</b>	<b>Pekerjaan Bekisting Kolom</b>		m <sup>2</sup>		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	OH	150,000.00	5,214.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang kayu	0.033	OH	140,000.00	4,684.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Kayu	0.33	OH	121,000.00	39,930.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	OH	110,000.00	72,600.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>122,428.00</b>
	<u>Bahan:</u>				
20.01.01.26.04.04.F	Paku Usuk	0.4	Kg	19,800.00	7,920.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	0.35	Lembar	121,400.00	42,490.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.04	M <sup>3</sup>	3,350,400.00	134,016.00
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0.015	M <sup>3</sup>	4,711,500.00	70,672.50
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	29,600.00	5,920.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>261,618.50</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>383,646.50</b>
<b>14.03.01.19</b>	<b>Pekerjaan Bekisting Balok</b>		m <sup>2</sup>		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	OH	150,000.00	5,214.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang kayu	0.033	OH	140,000.00	4,684.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Kayu	0.33	OH	121,000.00	39,930.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	OH	110,000.00	72,600.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>122,428.00</b>
	<u>Bahan:</u>				
20.01.01.26.04.04.F	Paku Usuk	0.4	Kg	19,800.00	7,920.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	0.35	Lembar	121,400.00	42,490.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.04	M <sup>3</sup>	3,350,400.00	134,016.00
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0.018	M <sup>3</sup>	4,711,500.00	84,807.00
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	29,600.00	5,920.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>275,153.00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>397,781.00</b>
<b>14.03.01.20</b>	<b>Pekerjaan Bekisting Lantai</b>		m <sup>2</sup>		
	<u>Uraian:</u>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	OH	150,000.00	5,214.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang kayu	0.033	OH	140,000.00	4,684.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Kayu	0.33	OH	121,000.00	39,930.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	OH	110,000.00	72,600.00
	<b>Jumlah:</b>				<b>122,428.00</b>
	<u>Bahan:</u>				
20.01.01.26.04.04.F	Paku Usuk	0.4	Kg	19,800.00	7,920.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	0.35	Lembar	121,400.00	42,490.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.04	M <sup>3</sup>	3,350,400.00	134,016.00
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0.015	M <sup>3</sup>	4,711,500.00	70,672.50



## HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOOR	URAIAN KEGIATAN	Kom.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
20.01.02.01.05.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	29,600.00	5,920.00
				Jumlah:	361,618.50
				Nilai HSPK :	363,646.50
14.03.01.11	Pekerjaan Bekisting Dinding		m <sup>2</sup>		
	<b>Uraian</b>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	O.H	150,000.00	5,214.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang kayu	0.033	O.H	140,000.00	4,864.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Kayu	0.33	O.H	121,000.00	39,930.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	O.H	110,000.00	72,600.00
				Jumlah:	122,628.00
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.20.04.04.F	Paku Usuk	0.4	kg	19,800.00	7,920.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk. 122x 244 x 9 mm	0.35	Lembar	121,400.00	42,490.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.03	m <sup>3</sup>	3,350,400.00	100,512.00
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0.02	m <sup>3</sup>	4,711,500.00	94,230.00
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	29,600.00	5,920.00
				Jumlah:	251,671.00
				Nilai HSPK :	373,796.00
14.03.01.12	Pekerjaan Bekisting Tangga		m <sup>2</sup>		
	<b>Uraian</b>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	O.H	150,000.00	5,214.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang kayu	0.033	O.H	140,000.00	4,864.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Kayu	0.33	O.H	121,000.00	39,930.00
22.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	O.H	110,000.00	72,600.00
				Jumlah:	122,628.00
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.20.04.04.F	Paku Usuk	0.4	kg	19,800.00	7,920.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk. 122x 244 x 9 mm	0.35	Lembar	121,400.00	42,490.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.03	m <sup>3</sup>	3,350,400.00	100,512.00
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0.015	m <sup>3</sup>	4,711,500.00	70,672.50
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0.15	Liter	29,600.00	4,440.00
				Jumlah:	228,634.50
				Nilai HSPK :	348,642.50
14.03.01.13	Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg besi + Bekisting)		m <sup>3</sup>		
	<b>Uraian</b>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.265	O.H	150,000.00	41,870.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Besi	0.262	O.H	140,000.00	38,776.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Besi	1.05	O.H	121,000.00	127,050.00
22.02.04.01.04.F	Tukang Batu	0.275	O.H	121,000.00	33,275.00
22.02.04.01.05.F	Tukang Kayu	1.3	O.H	121,000.00	157,300.00
22.02.04.01.06.F	Pembantu Tukang	5.3	O.H	110,000.00	583,000.00
				Jumlah:	981,271.00
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8.4	zak	60,700.00	509,880.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.54	m <sup>3</sup>	243,000.00	131,220.00
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Maks 1/2 cm	0.81	m <sup>3</sup>	487,900.00	395,199.00
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	157.5	kg	12,500.00	1,968,750.00
20.01.01.20.04.04.F	Paku Usuk	1.5	kg	19,800.00	29,700.00
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Besi	2.25	kg	25,500.00	57,375.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.2	m <sup>3</sup>	3,350,400.00	670,080.00
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0.4	Liter	29,600.00	11,840.00
				Jumlah:	3,774,844.00
				Nilai HSPK :	4,755,315.00
14.03.01.14	Pekerjaan Sloof Beton Bertulang (200 kg besi + Bekisting)		m <sup>3</sup>		
	<b>Uraian</b>				
22.02.04.01.01.F	Mandor	0.263	O.H	150,000.00	44,714.00
22.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Besi	0.323	O.H	140,000.00	47,864.00
22.02.04.01.03.F	Tukang Besi	1.4	O.H	121,000.00	169,400.00
22.02.04.01.04.F	Tukang Batu	0.275	O.H	121,000.00	33,275.00
22.02.04.01.05.F	Tukang Kayu	1.56	O.H	121,000.00	188,760.00
22.02.04.01.06.F	Pembantu Tukang	5.65	O.H	110,000.00	621,500.00
				Jumlah:	1,105,493.00
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8.4	zak	60,700.00	509,880.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.54	m <sup>3</sup>	243,000.00	131,220.00
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Maks 1/2 cm	0.81	m <sup>3</sup>	487,900.00	395,199.00





## HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOMOR	Uraian Kegiatan	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Hsein 1/2 cm	0.5417789	M3	467,900.00	254,258.37
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	28.00	6,020.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>881,753.24</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1,113,786.24</b>
<b>14.03.01.06</b>	<b>Pekerjaan Beton K-200</b>		m3		
	<b>Usaha</b>				
23.02.04.01.01.F	Manor	0.003	O/H	150,000.00	13,114.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Batu	0.020	O/H	140,000.00	4,144.00
23.02.04.01.03.F	Tukang Batu	0.275	O/H	121,000.00	33,275.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	O/H	110,000.00	181,500.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>231,833.00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	9.8	Zak	60,700.00	534,160.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.456675	M3	243,000.00	111,020.63
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Hsein 1/2 cm	0.5420316	M3	467,900.00	264,749.85
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	28.00	6,020.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>915,950.57</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1,147,883.57</b>
<b>14.03.01.07</b>	<b>Pekerjaan Beton K-225</b>		m3		
	<b>Usaha</b>				
23.02.04.01.01.F	Manor	0.003	O/H	150,000.00	13,114.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Batu	0.020	O/H	140,000.00	4,144.00
23.02.04.01.03.F	Tukang Batu	0.275	O/H	121,000.00	33,275.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	O/H	110,000.00	181,500.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>231,833.00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	9.275	Zak	60,700.00	562,862.50
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.43625	M3	243,000.00	106,008.75
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Hsein 1/2 cm	0.5510526	M3	467,900.00	268,858.38
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	28.00	6,020.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>943,879.63</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1,175,811.63</b>
<b>14.03.01.08</b>	<b>Pekerjaan Beton K-250</b>		m3		
	<b>Usaha</b>				
23.02.04.01.01.F	Manor	0.003	O/H	150,000.00	13,114.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Batu	0.020	O/H	140,000.00	4,144.00
23.02.04.01.03.F	Tukang Batu	0.275	O/H	121,000.00	33,275.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	O/H	110,000.00	181,500.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>231,833.00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	9.6	Zak	60,700.00	582,720.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.4325	M3	243,000.00	105,967.50
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Hsein 1/2 cm	0.5469421	M3	467,900.00	266,804.26
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	28.00	6,020.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>965,641.76</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1,192,674.76</b>
<b>14.03.01.09</b>	<b>Pekerjaan Beton K-275</b>		m3		
	<b>Usaha</b>				
23.02.04.01.01.F	Manor	0.003	O/H	150,000.00	13,114.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Batu	0.020	O/H	140,000.00	4,144.00
23.02.04.01.03.F	Tukang batu	0.275	O/H	121,000.00	33,275.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	O/H	110,000.00	181,500.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>231,833.00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	10.15	Zak	60,700.00	616,105.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.4275	M3	243,000.00	103,862.50
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Hsein 1/2 cm	0.54	M3	467,900.00	263,466.00
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	28.00	6,020.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>990,473.50</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1,221,596.50</b>
<b>14.03.01.10</b>	<b>Pekerjaan Beton K-300</b>		m3		
	<b>Usaha</b>				
23.02.04.01.01.F	Manor	0.003	O/H	150,000.00	13,114.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang Batu	0.020	O/H	140,000.00	4,144.00
23.02.04.01.03.F	Tukang batu	0.275	O/H	121,000.00	33,275.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	O/H	110,000.00	181,500.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>231,833.00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	10.325	Zak	60,700.00	626,727.50
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0.426625	M3	243,000.00	103,426.88
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Hsein 1/2 cm	0.537694	M3	467,900.00	262,162.05
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	28.00	6,020.00
				<b>Jumlah:</b>	<b>998,356.43</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1,236,386.43</b>





### HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
				Nilai HSPK	
24.01.02.14	Pengurugan tanah dengan pemadatan		m3		14,322.00
	<u>Uraian</u>				
23.02.04.01.01.F	Handor	0.0100	O.H	158,000.00	1,580.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.3000	O.H	110,000.00	33,000.00
	Jumlah				34,580.00
	<u>Bahan</u>				
20.01.01.04.06.F	Tanah Urug	1.2000	M3	121,500.00	145,800.00
	Jumlah				145,800.00
	<u>Sewa Peralatan</u>				
23.02.05.12.01.06.F	Sewa Alat Bantu 1set @ 3 alat	0.0000	M3	1,100.00	0.000.00
	Jumlah				0.000.00
	Nilai HSPK				189,180.00
24.01.02.15	Pengurugan Pasir(PADAT)		m3		
	<u>Uraian</u>				
23.02.04.01.01.F	Handor	0.0100	O.H	158,000.00	1,580.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.3000	O.H	110,000.00	33,000.00
	Jumlah				34,580.00
	<u>Bahan</u>				
20.01.01.04.01.F	Padir Urug	1.2000	M3	150,200.00	180,240.00
	Jumlah				180,240.00
	Nilai HSPK				214,820.00
24.01.02.16	Pengurugan Sirtu (PADAT)		m3		
	<u>Uraian</u>				
23.02.04.01.01.F	Handor	0.0250	O.H	158,000.00	3,950.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2500	O.H	110,000.00	27,500.00
	Jumlah				31,450.00
	<u>Bahan</u>				
20.01.01.04.03.F	Sirtu	1.2000	M3	163,300.00	195,960.00
	Jumlah				195,960.00
	<u>Sewa Peralatan :</u>				
23.02.05.11.06.12.F	Sewa Stomper	0.0068	Jam	109,400.00	963.72
	Jumlah				963.72
	Nilai HSPK				228,372.72
24.01.02.17	Pengurugan PUDDEL 1 RP: 5 TL		m3		
	<u>Uraian</u>				
23.02.04.01.01.F	Handor	0.0800	O.H	158,000.00	12,640.00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang batu	0.0400	O.H	148,000.00	5,920.00
23.02.04.01.03.F	Tulang batu	0.4000	O.H	121,000.00	48,400.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.8000	O.H	110,000.00	88,000.00
	Jumlah				154,960.00
	<u>Bahan</u>				
20.01.01.04.06.F	Tanah Katel	1.2400	M3	121,500.00	150,660.00
20.01.01.05.07.06.F	Kapur Pasang	0.2460	M3	97,200.00	24,105.60
	Jumlah				174,765.60
	Nilai HSPK				329,725.60
24.01.02.18	Tanah Urug Katel		m3		
	<u>Uraian</u>				
23.02.04.01.01.F	Handor	0.0250	O.H	158,000.00	3,950.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2500	O.H	110,000.00	27,500.00
	Jumlah				31,450.00
	<u>Bahan</u>				
20.01.01.04.06.F	Tanah Katel	1.2000	M3	121,500.00	145,800.00
	Jumlah				145,800.00
	Nilai HSPK				177,250.00
24.01.02.19	Pengurugan Sirtu dengan Pemadatan Menggunakan Alat Berat		m3		
	<u>Uraian</u>				
23.02.04.01.01.F	Handor	0.0210	O.H	158,000.00	3,318.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2500	O.H	110,000.00	27,500.00
	Jumlah				30,818.00
	<u>Bahan</u>				
20.01.01.04.03.F	Sirtu	1.2000	M3	163,300.00	195,960.00
	Jumlah				195,960.00
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
23.02.05.09.04.02.F	Sewa Truk Tangki Air min 5 Jam	0.0120	Hari	526,800.00	6,321.60
23.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.0880	Jam	69,200.00	6,089.60



## LAMPIRAN 3 : POMPA

			Company name: Created by: Phone:																												
			Date: 4/26/2017																												
Position	Count	Description																													
	1	<b>SEG.A15.20.R1.2.1.603</b>  Product No.: <a href="#">98682359</a> <p>Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.</p> <p>The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump.</p> <p>The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.</p> <p>The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding.</p> <p>The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <p><b>Controls:</b></p> <table><tr><td>Moisture sensor:</td><td>with moisture sensors</td></tr><tr><td>AUTOADAPT:</td><td>NO</td></tr></table> <p><b>Liquid:</b></p> <table><tr><td>Liquid temperature range:</td><td>32 .. 104 °F</td></tr><tr><td>Q<sub>2</sub> OpFluidTemp:</td><td>77 °F</td></tr><tr><td>Density:</td><td>62.22 lb/ft³</td></tr></table> <p><b>Technical:</b></p> <table><tr><td>Actual calculated flow:</td><td>4.74 l/s</td></tr><tr><td>Resulting head of the pump:</td><td>5.749 m</td></tr><tr><td>Type of impeller:</td><td>Grinder System</td></tr><tr><td>Primary shaft seal:</td><td>SIC/SIC</td></tr><tr><td>Secondary shaft seal:</td><td>LIPSEAL</td></tr><tr><td>Approvals on nameplate:</td><td>PA-I</td></tr><tr><td>Curve tolerance:</td><td>ANSI/HI11.6:2012 3B2</td></tr></table> <p><b>Materials:</b></p> <table><tr><td>Pump housing:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr><tr><td>Impeller:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr></table> <p><b>Installation:</b></p> <p>Maximum ambient temperature: 104 °F</p>	Moisture sensor:	with moisture sensors	AUTOADAPT:	NO	Liquid temperature range:	32 .. 104 °F	Q <sub>2</sub> OpFluidTemp:	77 °F	Density:	62.22 lb/ft³	Actual calculated flow:	4.74 l/s	Resulting head of the pump:	5.749 m	Type of impeller:	Grinder System	Primary shaft seal:	SIC/SIC	Secondary shaft seal:	LIPSEAL	Approvals on nameplate:	PA-I	Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2	Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B	Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B	
Moisture sensor:	with moisture sensors																														
AUTOADAPT:	NO																														
Liquid temperature range:	32 .. 104 °F																														
Q <sub>2</sub> OpFluidTemp:	77 °F																														
Density:	62.22 lb/ft³																														
Actual calculated flow:	4.74 l/s																														
Resulting head of the pump:	5.749 m																														
Type of impeller:	Grinder System																														
Primary shaft seal:	SIC/SIC																														
Secondary shaft seal:	LIPSEAL																														
Approvals on nameplate:	PA-I																														
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2																														
Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																														
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																														





Company name:

Created by:

Phone:

Date:

4/26/2017

Position	Count	Description
		Maximum operating pressure: 87 psi Flange standard: ANSI Pipework connection: 1 1/2" /2" Size of discharge port: 1 1/2 inch Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 32.81 ft Auto-coupling: 98245788  <b>Electrical data:</b> C run: 30 µF C start: 150 µF Power input - P1: 1.6 kW Rated power - P2: 1.609 HP Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 208-230 V Voltage tolerance: +6/-10 % Max starts per. hour: 30 Rated current: 9-8 A Starting current: 48 A Rated current at no load: 7.2 A Cos phi - power factor: 0.91 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0.82 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0.8 Rated speed: 3450 rpm Moment of inertia: 0.047 lb ft² Motor efficiency at full load: 0.74 % Motor efficiency at 3/4 load: 0.73 % Motor efficiency at 1/2 load: 0.66 % Capacitor size - run: 30 µF Capacitor size - start: 150 µF Number of poles: 2 Start. method: direct-on-line Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): F Explosion proof: no Ex-description: WITHOUT (STANDARD) Length of cable: 33 ft Cable type: SEOWW 600V Type of cable plug: NO PLUG  <b>Others:</b> Net weight: 106 lb







Company name:

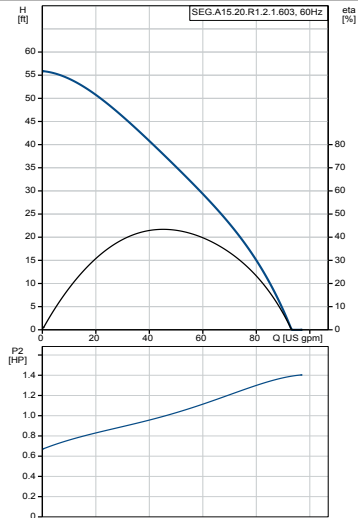
Created by:

Phone:

Date:

6/15/2017

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	SEG A15.20.R1.2.1.603
Product No.:	98682359
EAN:	5711499540353
Price:	On request
<b>Technical:</b>	
Max flow:	96.9 US gpm
Head max:	55.78 ft
Type of impeller:	Grinder System
Primary shaft seal:	SIC/SIC
Secondary shaft seal:	LIPSEAL
Approvals on nameplate:	PA-I
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
<b>Installation:</b>	
Maximum ambient temperature:	104 °F
Maximum operating pressure:	87 psi
Flange standard:	ANSI
Pipework connection:	1 1/2" /2"
Size of discharge port:	1 1/2 inch
Pressure stage:	PN 10
Maximum installation depth:	32.81 ft
Inst dry/wet:	SUBMERGED
Auto-coupling:	98245788
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	any viscous fluid
Liquid temperature range:	32 .. 104 °F
Density:	62.29 lb/ft³
<b>Electrical data:</b>	
C run:	30 µF
C start:	150 µF
Power input - P1:	1.6 kW
Rated power - P2:	1.609 HP
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	1 x 208-230 V
Voltage tolerance:	+6/-10 %
Max starts per. hour:	30
Rated current:	9-8 A
Starting current:	48 A
Rated current at no load:	7.2 A
Cos phi - power factor:	0.91
Cos phi - p.f. at 3/4 load:	0.82
Cos phi - p.f. at 1/2 load:	0.8
Rated speed:	3450 rpm
Moment of inertia:	0.047 lb ft²
Motor efficiency at full load:	0.74 %
Motor efficiency at 3/4 load:	0.73 %
Motor efficiency at 1/2 load:	0.66 %







Company name:

Created by:

Phone:

Date:

6/15/2017

Description	Value
Capacitor size - run:	30 $\mu$ F
Capacitor size - start:	150 $\mu$ F
Number of poles:	2
Start. method:	direct-on-line
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Explosion proof:	no
Ex-description:	WITHOUT (STANDARD)
Motor protection:	THERMAL SWITCH
Thermal protec:	external
Length of cable:	33 ft
Cable type:	SEOOW 600V
Type of cable plug:	NO PLUG
<b>Controls:</b>	
Control box:	not included
Additional I/O:	External
Moisture sensor:	with moisture sensors
AUTOADAPT:	NO
<b>Others:</b>	
Net weight:	106 lb
Sales region:	Namreg

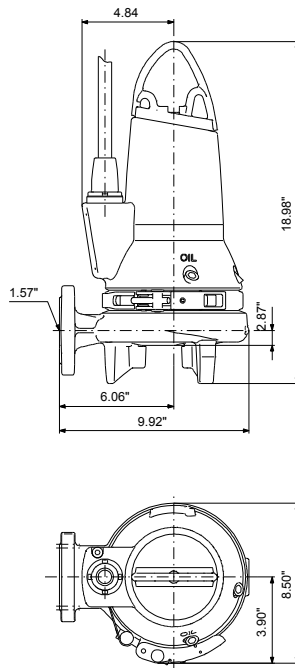




Company name:  
Created by:  
Phone:

Date: 6/15/2017

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.





Company name:

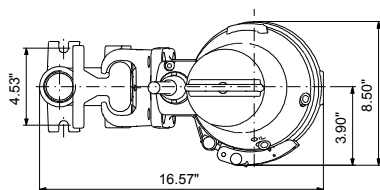
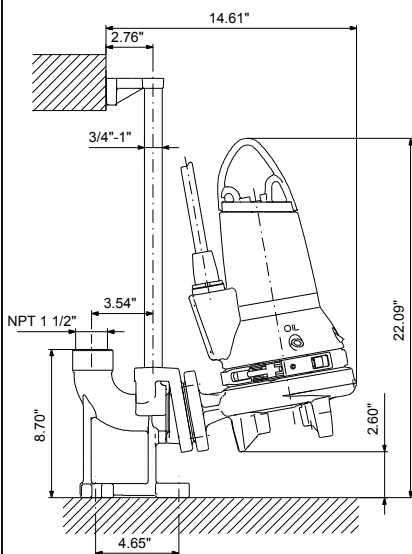
Created by:

Phone:

Date:

6/15/2017

**98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz**



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.







Company name:

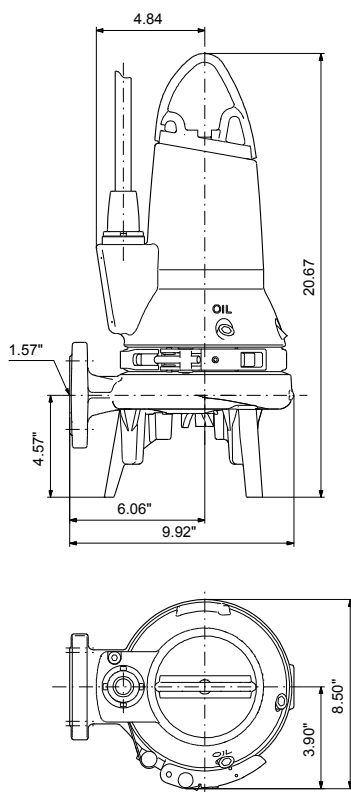
Created by:

Phone:

Date:


6/15/2017

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.



Position	Qty.	Description
	1	<p><b>NB 32-125/142 A-F2-A-E-BAQE</b></p>  <p>Product No.: <a href="#">96124910</a></p> <p>Non-self-priming, single-stage, centrifugal volute pump designed according to ISO 5199 with dimensions and rated performance according to EN 733 (10 bar). Flanges are PN 16 with dimensions according to EN 1092-2. The pump has an axial suction port, radial discharge port, horizontal shaft and a back pull-out design enabling removal of the motor, motor stool, cover and impeller without disturbing the pump housing or pipework.</p> <p>The unbalanced rubber bellows seal is according to DIN EN 12756. The pump is close-coupled to a fan-cooled asynchronous motor.</p> <p><b>Liquid:</b>  Pumped liquid: Water  Liquid temperature range: 0 .. 120 °C  Q<sub>Op</sub>FluidTemp: 25 °C  Density: 997 kg/m³</p> <p><b>Technical:</b>  Speed for pump data: 1410 rpm  Actual calculated flow: 1.344 l/s  Resulting head of the pump: 7.049 m  Actual impeller diameter: 142 mm  Impeller nom: 125 mm  Primary shaft seal: BAQE  Secondary shaft seal: NONE  Curve tolerance: ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materials:</b>  Pump housing: Cast iron  EN-GJL-250  ASTM A48-40 B  Impeller: Cast iron  EN-GJL-200  ASTM A48-30 B  Rubber: EPDM  Wear ring mat.: Bronze (CuSn10)</p> <p><b>Installation:</b>  Maximum ambient temperature: 40 °C  Maximum operating pressure: 16 bar  Flange standard: EN 1092-2  Pump inlet: DN 50  Pump outlet: DN 32  Pressure stage: PN 16</p> <p><b>Electrical data:</b>  Motor type: 71B  IE Efficiency class: NA  Rated power - P<sub>2</sub>: 0.37 kW  Mains frequency: 50 Hz</p>

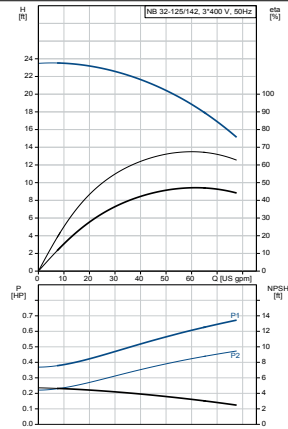




Company name:  
Created by:  
Phone:

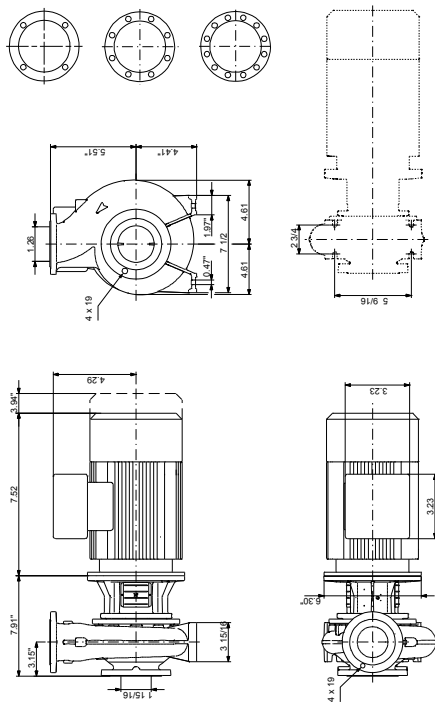
Date: 6/15/2017

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NB 32-125/142 A-F2-A-E-BAQE
Product No.:	96124910
EAN:	5700396724133
Price:	On request
<b>Technical:</b>	
Speed for pump data:	1410 rpm
Rated flow:	58.1 US gpm
Rated head:	18.37 ft
Actual impeller diameter:	5.59 in
Impeller nom:	4.92 in
Primary shaft seal:	BAQE
Secondary shaft seal:	NONE
Shaft diameter:	0.94 in
Shaft:	Stainless steel
	304
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron EN-GJL-250
Impeller:	ASTM A48-40 B Cast iron EN-GJL-200
	ASTM A48-30 B
Material code:	A
Rubber:	EPDM
Code for rubber:	E
Wear ring mat.:	Bronze (CuSn10)
<b>Installation:</b>	
Maximum ambient temperature:	104 °F
Maximum operating pressure:	232 psi
Flange standard:	EN 1092-2
Connect code:	F2
Pump inlet:	DN 50
Pump outlet:	DN 32
Pressure stage:	PN 16
Wear ring(s):	neck ring(s)
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	32 - 248 °F
Liquid temperature during operation:	68 °F
Density:	62.29 lb/ft³
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	71B
IE Efficiency class:	IIA
Rated power - P2:	0.5 HP
Main frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 220-240D/380-415Y V
Rated current:	1.90/1.10 A
Starting current:	400-440 %
Cos phi - power factor:	0.77-0.87
Rated speed:	1400-1420 rpm





**96124910 NB 32-125/142 50 Hz**



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.





## LAMPIRAN 4 : Tabung Klor



tekanan tinggi tabung gas klorin

### Spesifikasi

#### silinder Deskripsi

### 2016 Harga Yang Kompetitif Mulus Tabung Gas Klorin 50 L Kapasitas

Industri klorin silinder semua dibuat dengan kualitas tinggi pipa baja seamless, konsisten tinggi, lancar lukisan, dan sifat yang sangat baik, yang secara luas digunakan untuk memotong baja, pengelasan, elektronik, medis dan bidang lainnya.

jenis	ISO9809-3 gas silinder	diameter luar	232mm
kapasitas air	50L		
tekanan kerja	150Bar	dengan Tinggi Cap	1600mm
uji tekanan	250Bar	berat	54 kg
desain ketebalan dinding	5.3mm	bahan	37Mn
penyimpanan gas	10M3		
warna	hijau, hitam, putih, biru, kuning, seperti Yang Diminta/sesuai yang diminta		
mengisi media	udara, oksigen, argon, hidrogen, helium, nitrogen, karbon dioksida, spacial gas dan gas campuran		
Packing	1. massa! pemuatan; 2. dikemas dalam karung plastik bersih; 3. dikemas dalam palet kayu; 4.as diperlukan.		
tentang SEFIC	sebagai produsen Cina gas silinder, SEFIC menawarkan Oxygen Gas, Nitrogen Gas Cylinder, Argon Gas Cylinder, CO2 Tabung Gas, hidrogen Gas Silinder, Helium Gas Cylinder, Acetylene gas silinder, CO2 Cartridge dan Aluminium Silinder... CE/TUV bersertifikat.		



**BORANG CEK FORMAT LAPORAN TA**

No	Kelengkapan TA	Cek Mahasiswa	Cek Pembimbing
1	Halaman judul	✓	✓
2	Abstrak dalam bahasa Indonesia	✓	✓
3	Abstrak dalam bahasa Inggris	✓	✓
4	Kata pengantar	✓	✓
5	Format sesuai dengan pedoman penulisan TA 2016	✓	✓
6	Daftar isi	✓	✓
7	Daftar gambar	✓	✓
8	Daftar tabel	✓	✓
9	Daftar lampiran	✓	✓
10	Bab I	✓	✓
11	Bab II	✓	✓
12	Bab III	✓	✓
13	Bab IV	✓	✓
14	Bab V	✓	✓
15	Daftar pustaka	✓	✓
16	Biodata	✓	✓
17	Lampiran (jika ada)	✓	✓

Mahasiswa



ADELYNA RACHMA ATMADJA

Menyetujui



Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, M.Sc

Mengetahui



Dr. Harmin Sulistiyani Titah, ST, MT





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-03

**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : ADELYNA RACHMA ATMADJA

NRP : 3313100115

Judul : PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH NON MEDIS RUMAH SAKIT  
KELAS B DENGAN ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR DAN  
ANAEROBIC BIOFILTER

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	0 Maret 2017	Analisis data sampling	<i>Nieke</i>
2.	20 Maret 2017	Perhitungan bak ekualisasi	<i>Nieke</i>
3.	5 April 2017	Perhitungan alternatif 1	<i>Nieke</i>
4.	10 April 2017	Perhitungan alternatif 2	<i>Nieke</i>
5.	18 April 2017	Perhitungan karbon filter	<i>Nieke</i>
6.	1 Mei 2017	Latihan presentasi	<i>Nieke</i>
7.	2 Mei 2017	Membahas perbaikan dalam Progress	<i>Nieke</i>
8.	15 Juni 2017	Perhitungan profil hidrolis, BOD, & RAB	<i>Nieke</i>

Surabaya, 12 Juni 2017  
Dosen Pembimbing,

*Nieke*  
Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, M.Sc



## BIOGRAFI



Penulis adalah anak kedua dari dua saudara yang lahir di Surabaya yang lahir pada tanggal 30 September 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2002-2007 di SD Hang Tuah 5 Surabaya. Kemudian dilanjutkan di SMP Al-Hikmah Surabaya pada tahun 2007-2010. Sedangkan untuk pendidikan tingkat atas dilalui di SMA Taruna Nusantara di Magelang dari tahun 2010-2013 dengan program IPA. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil

dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313100115.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia diberbagai tingkat jurusan maupun institut. Seperti kegiatan Environation bagian dana dan humas pada tahun 2013 dan 2016, Hari Air bagian acara pada tahun 2016, Youth Summit 2015 bagian keamanan dan perijinan . penulis juga telah melaksanakan kerja praktik di PT. Djarum, Kudus, Jawa Tengah, Indonesia. Penulis dapat dihubungi via email [adelynara@gmail.com](mailto:adelynara@gmail.com)



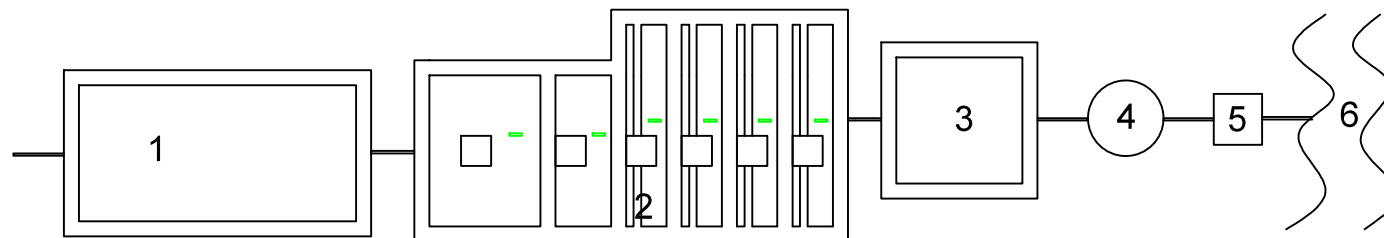




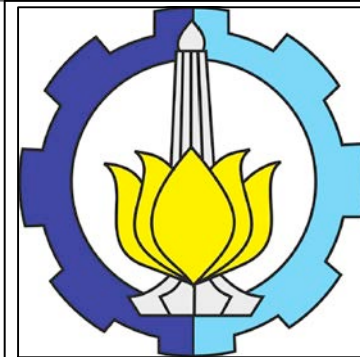








DENAH ALTERNATIF 1  
1 : 150



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

DENAH ALTERNATIF 1

LEGENDA

- 1 = BAK EKUALISASI
- 2 = ABR
- 3 = BAK PENAMPUNG
- 4 = FILTER
- 5 = DESINFEKSI
- 6 = BADAN AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3313100115

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

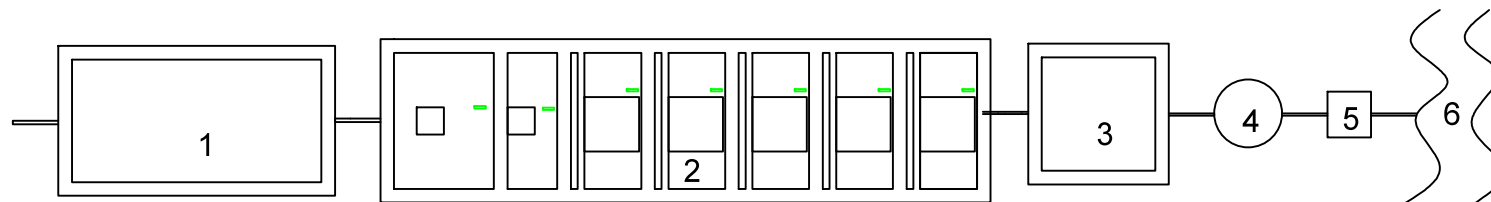
1 : 150

NOMOR LEMBAR

1

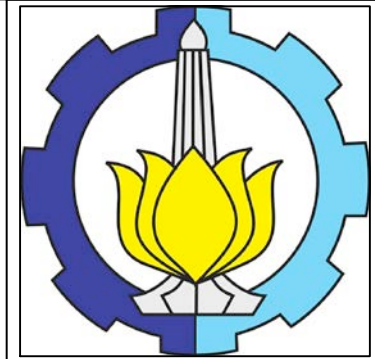
JUMLAH LEMBAR

11



DENAH ALTERNATIF 2

1 : 150



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

DENAH ALTERNATIF 2

LEGENDA

- 1 = BAK EKUALISASI
- 2 = AF
- 3 = BAK PENAMPUNG
- 4 = FILTER
- 5 = DESINFEKSI
- 6 = BADAN AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

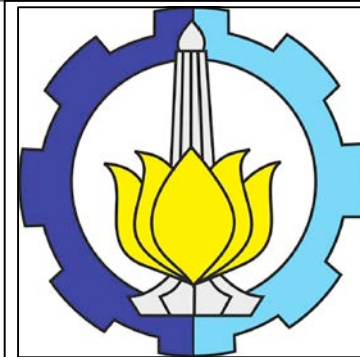
1 : 150

NOMOR LEMBAR

2

JUMLAH LEMBAR

11



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

BAK EKUALISASI

LEGENDA



BETON



MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMAJAYA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

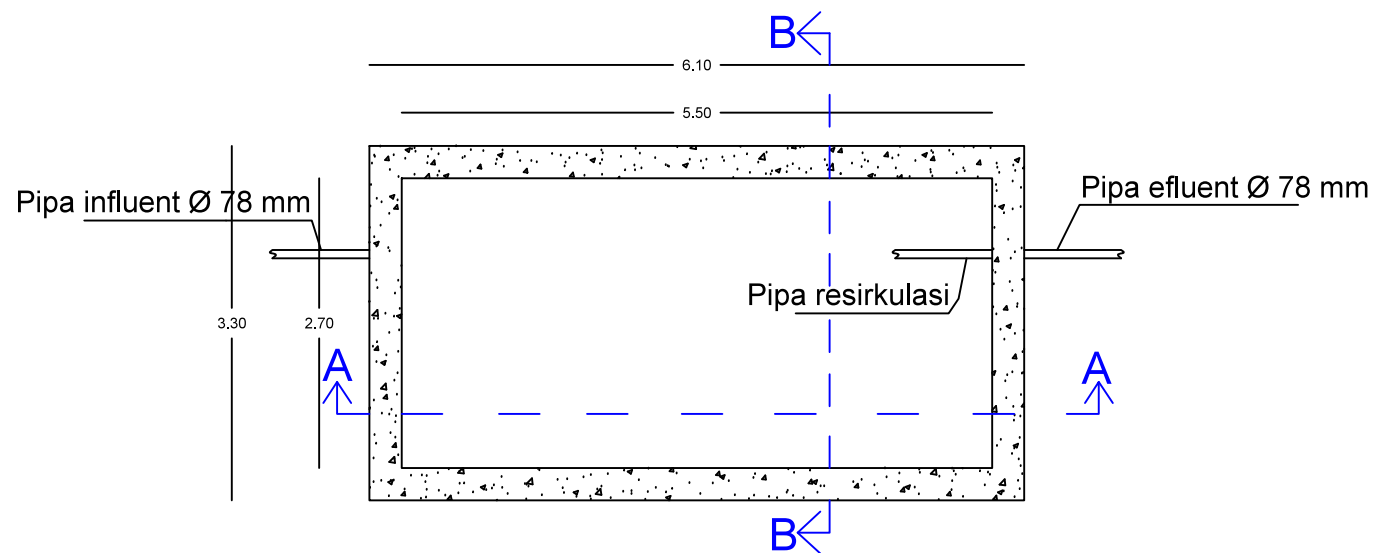
1 : 70

NOMOR LEMBAR

3

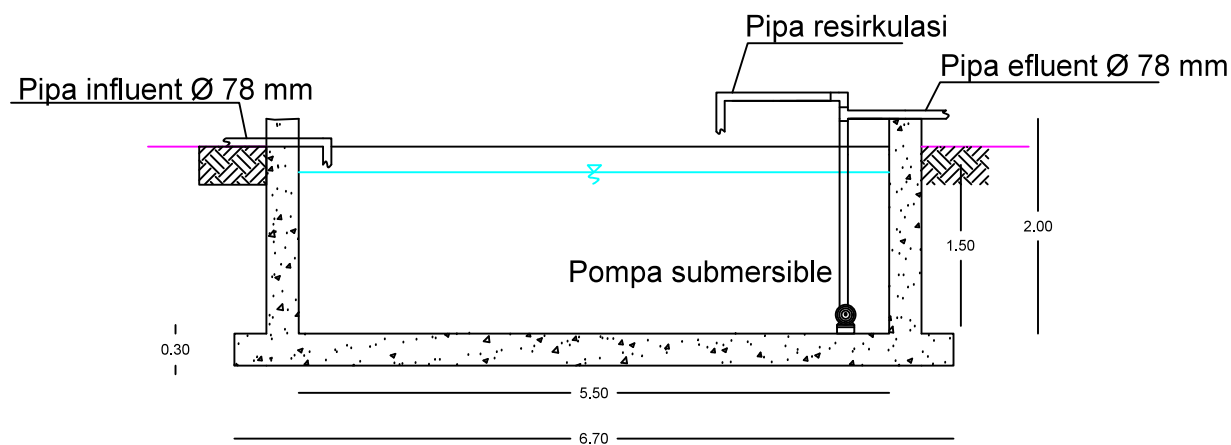
JUMLAH LEMBAR

11



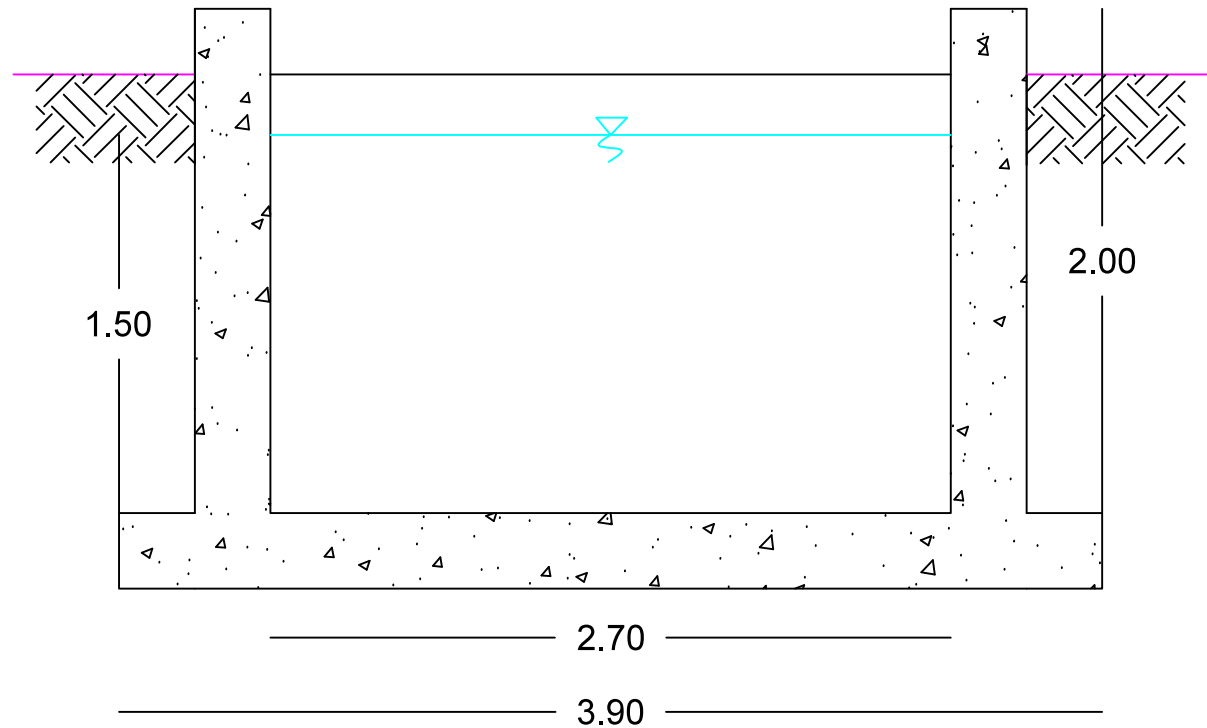
DENAH BAK EKUALISASI

1 : 70



POTONGAN A-A BAK EKUALISASI

1 : 70



POTONGAN B-B BAK EKUALISASI

1 : 30



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

BAK EKUALISASI

LEGENDA



BETON



MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMAJAYA  
3313100115

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

1 : 30

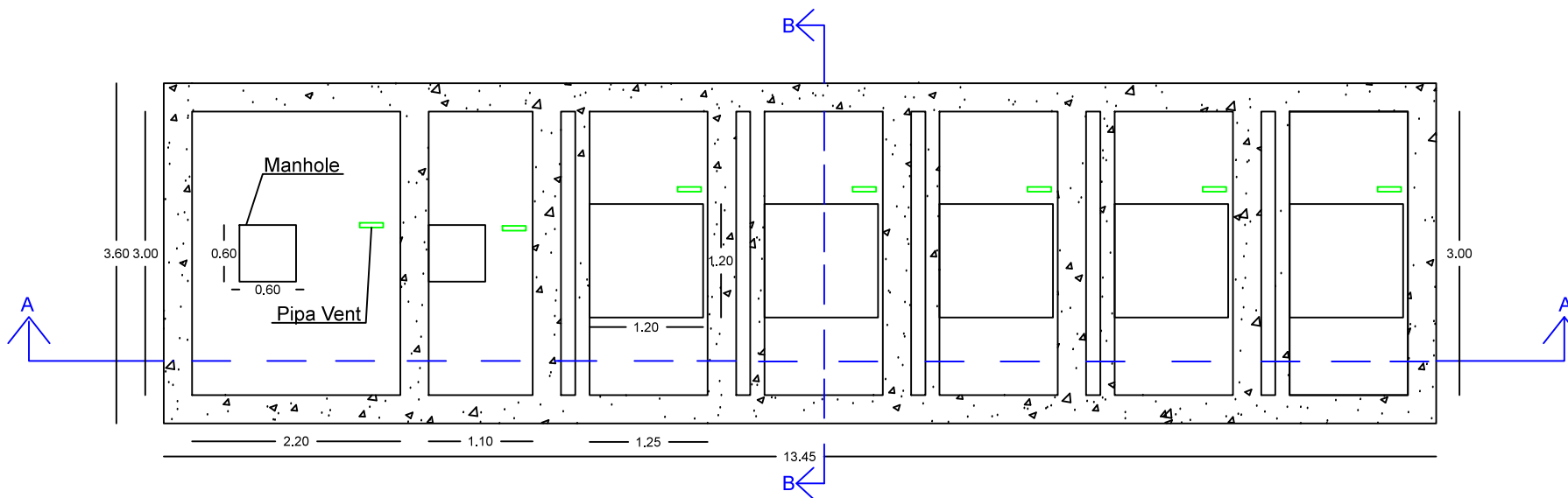
NOMOR LEMBAR

4

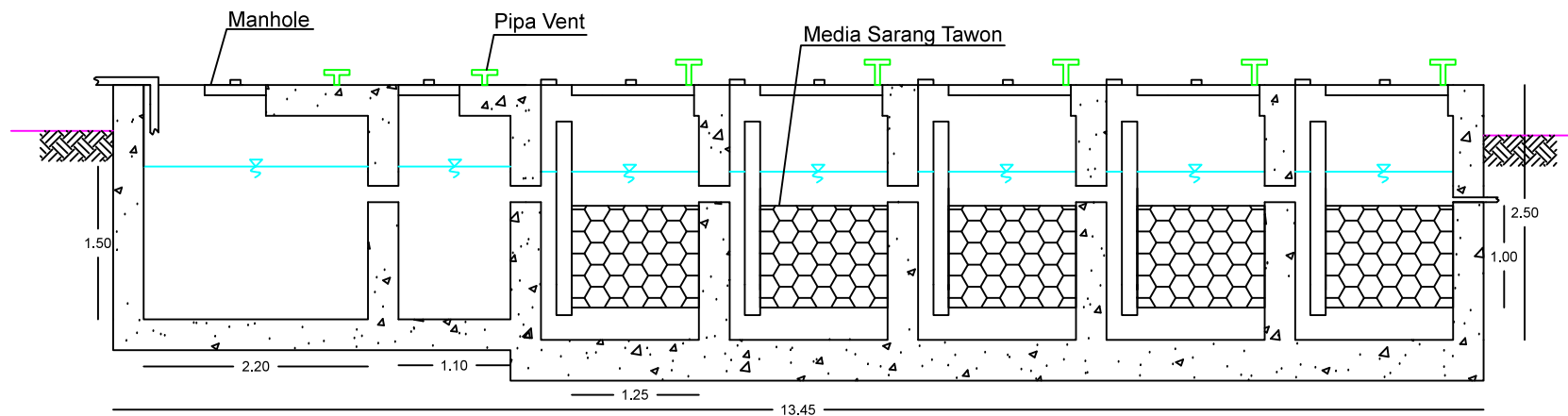
JUMLAH LEMBAR

11

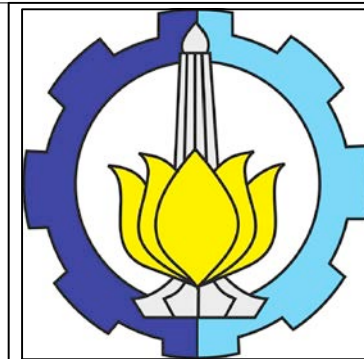




DENAH ANAEROBIK BIOFILTER  
1 : 70



POTONGAN A-A ANAEROBIK BIOFILTER  
1 : 70



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

ANAEROBIC BIOFILTER

LEGENDA

- |  |          |  |           |
|--|----------|--|-----------|
|  | BETON    |  | TANAH     |
|  | MUKA AIR |  | PIPA VENT |

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMAJJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

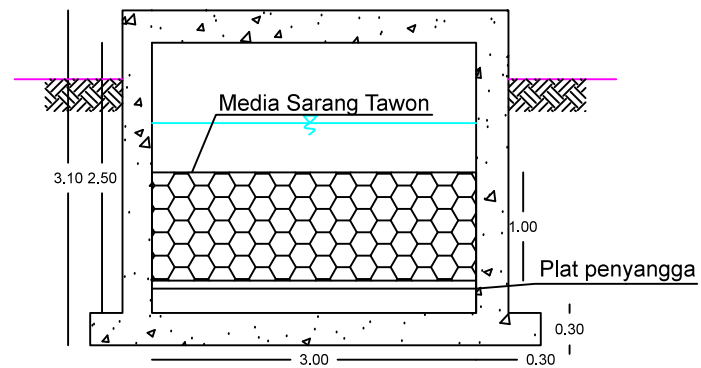
1 : 70

NOMOR LEMBAR

5

JUMLAH LEMBAR

11



POTONGAN B-B ANAEROBIK BIOFILTER  
1 : 70



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

ANAEROBIC BIOFILTER

LEGENDA

- |                                                                                               |                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|  BETON     |  TANAH |
|  MUKA AIR  |                                                                                           |
|  PIPA VENT |                                                                                           |

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

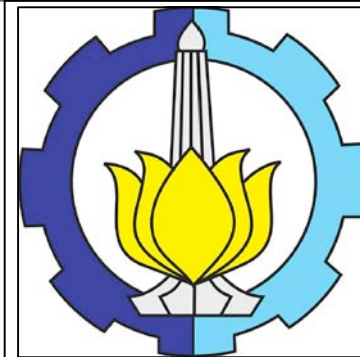
1 : 70

NOMOR LEMBAR

6

JUMLAH LEMBAR

11



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

ANAEROBIC BAFFLE REACTOR

LEGENDA



NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

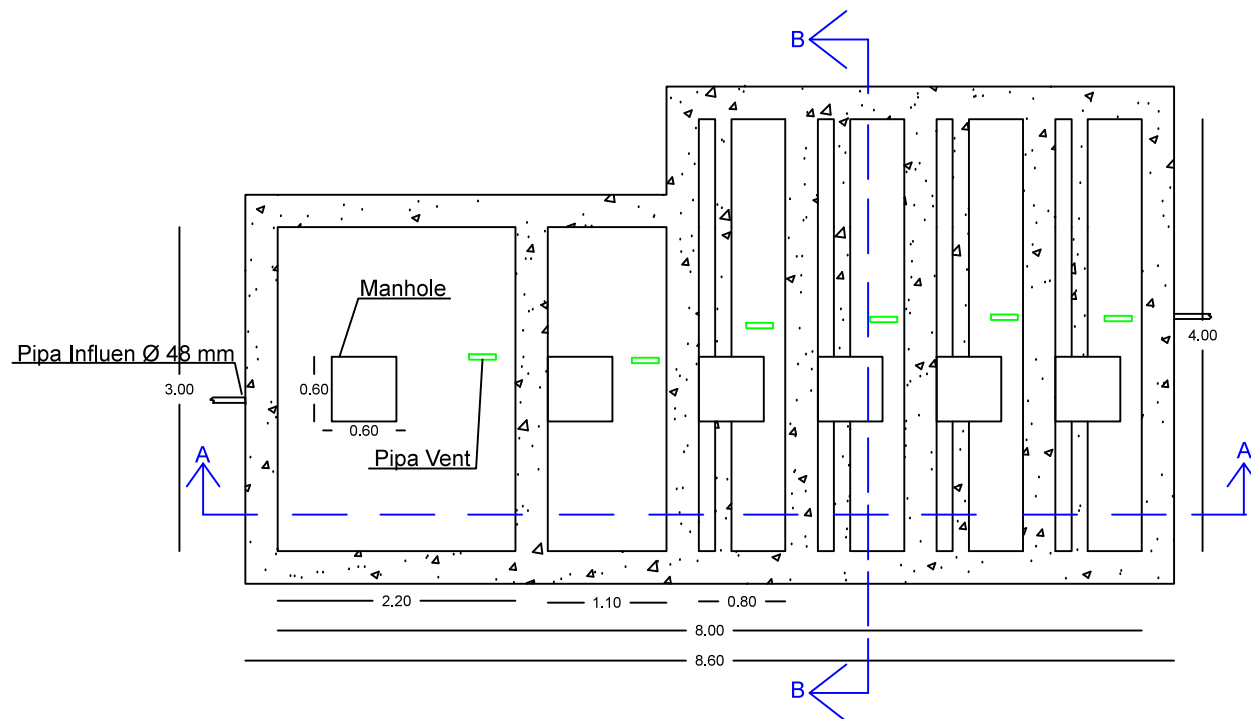
1 : 70

NOMOR LEMBAR

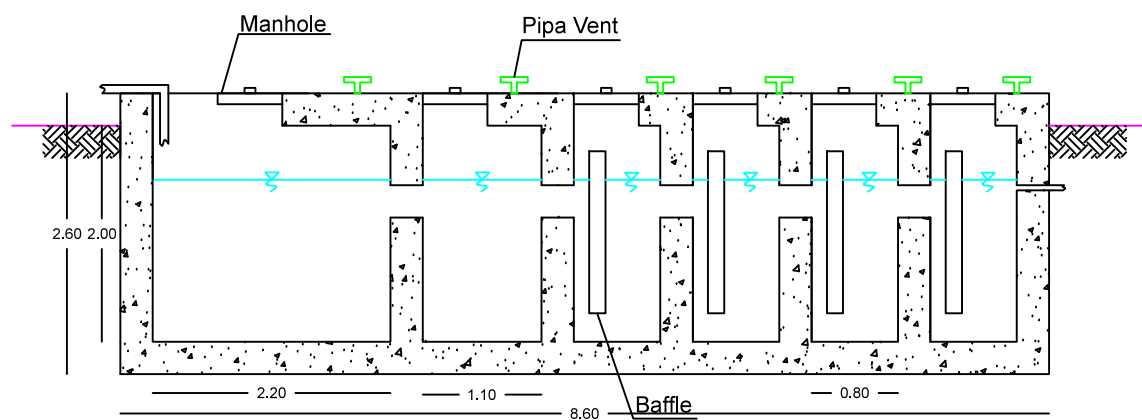
7

JUMLAH LEMBAR

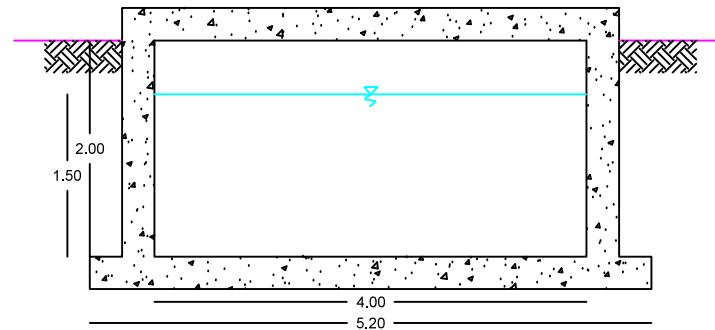
11



DENAH ANAEROBIK BAFFLE REACTOR  
1 : 70



POTONGAN A-A ANAEROBIK BAFFLE REACTOR  
1 : 70



POTONGAN B-B ANAEROBIK BAFFLE REACTOR  
1 : 70



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIK BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIK BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

ANAEROBIK BAFFLE REACTOR

LEGENDA

- |                                                                                               |                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|  BETON     |  TANAH |
|  MUKA AIR  |                                                                                           |
|  PIPA VENT |                                                                                           |

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3313100115

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

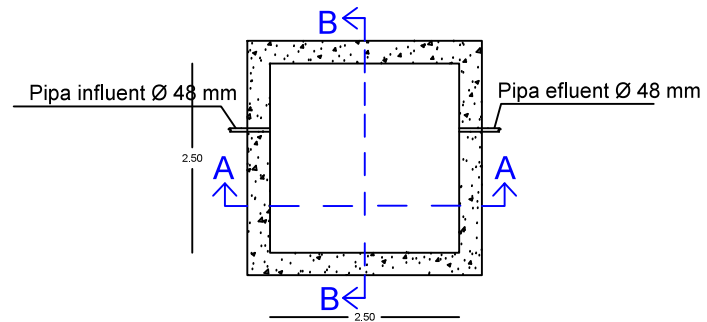
1 : 70

NOMOR LEMBAR

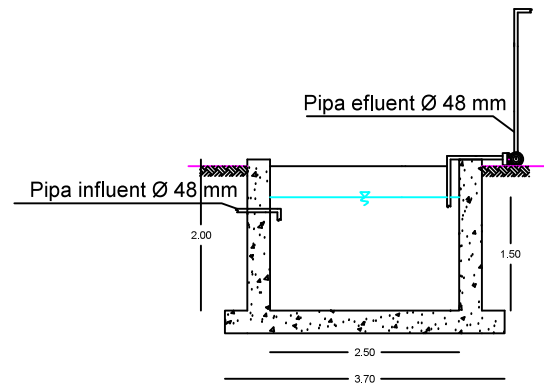
8

JUMLAH LEMBAR

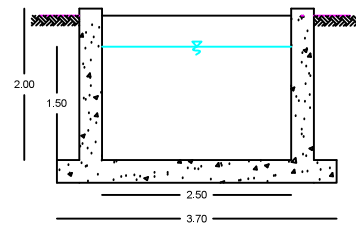
11



DENAH BAK PENAMPUNG  
1 : 100



POTONGAN A-A BAK PENAMPUNG  
1 : 100



POTONGAN B-B BAK PENAMPUNG  
1 : 100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

BAK PENAMPUNG

LEGENDA



BETON



TANAH



MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

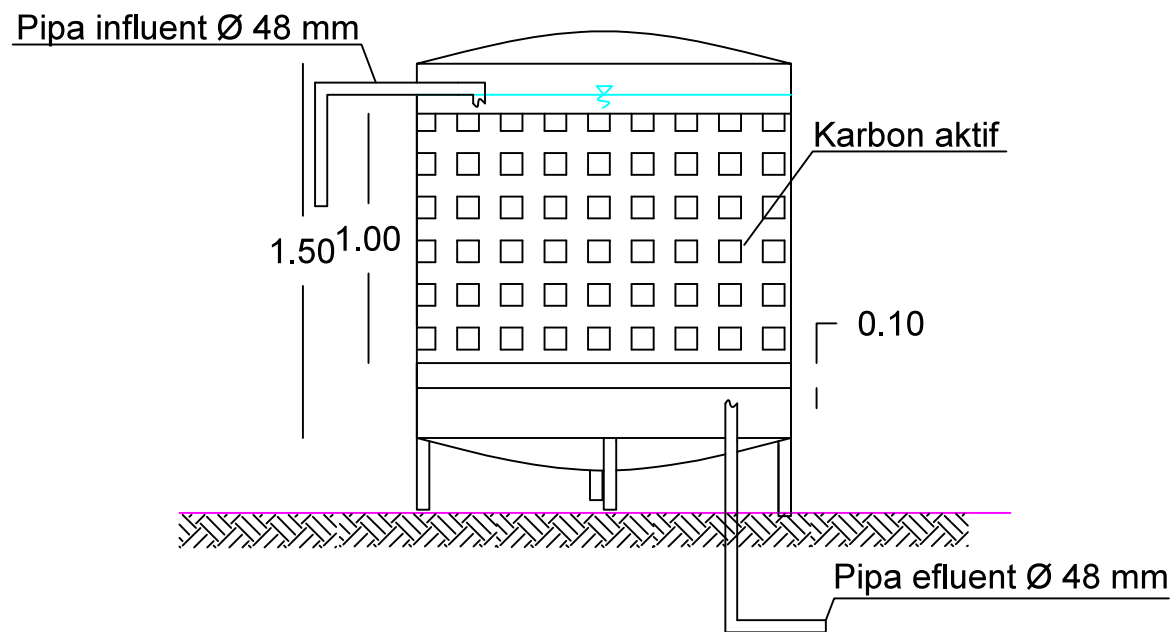
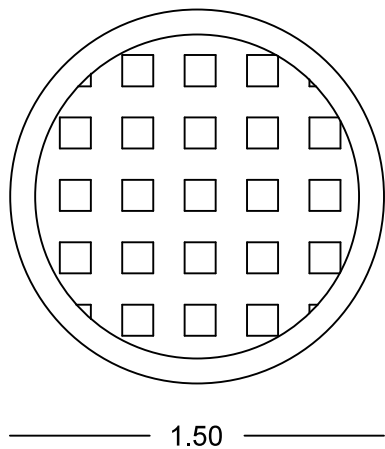
1 : 100

NOMOR LEMBAR

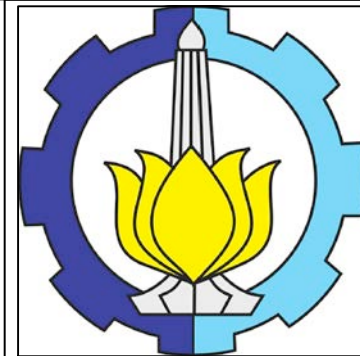
9

JUMLAH LEMBAR

11



**FILTER**  
**1 : 30**



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

FILTER

LEGENDA



BETON



TANAH



MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

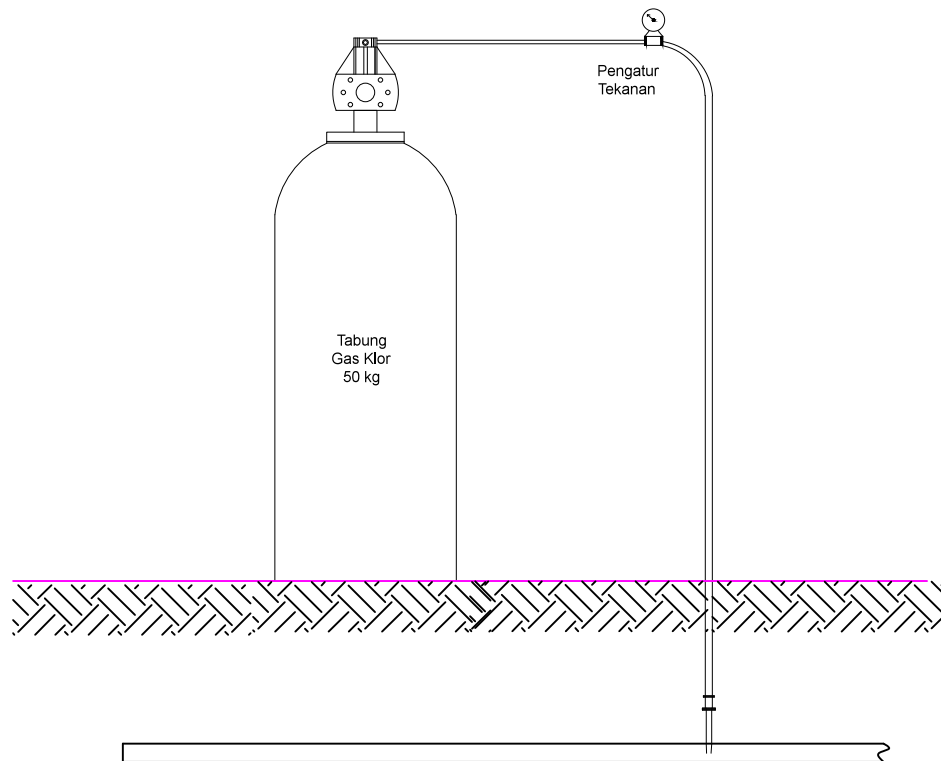
1 : 30

NOMOR LEMBAR

10

JUMLAH LEMBAR

11



**DESINFEKSI**

**1 : 20**



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
NON MEDIS RUMAH SAKIT KELAS B DENGAN  
ALTERNATIF ANAEROBIC BAFFLE REACTOR  
DAN ANAEROBIC BIOFILTER

JUDUL GAMBAR

DESINFEKSI

LEGENDA



BETON



TANAH



MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

ADELYNA RACHMA ATMADJA  
3 3 1 3 1 0 0 1 1 5

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem. M. Sc  
19550128 198503 2 001

SKALA GAMBAR

1 : 20

NOMOR LEMBAR

11

JUMLAH LEMBAR

11